

# PhD TESI - in Pedologia Applicata

## Rapporti tra fertilità forestale, suolo e paesaggio - Il caso studio delle foreste del "*Camposauro*"

---

### DOTTORATO DI RICERCA

IN VALORIZZAZIONE E GESTIONE DELLE RISORSE AGRO-FORESTALI

XXVIII CICLO



Università degli studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Agraria

a.a 2015/2016

Tutor:

Ch.mo Prof. *Fabio Terribile*

Candidato PhD:

Dott. *Simone Valentini*

Coordinatore:

Ch.mo Prof. *Guido D'Urso*

**Alla mia famiglia**  
**e alla mia fidanzata**

*“Il circolo virtuoso della decrescita serena si articola su otto cambiamenti interdipendenti che si rafforzano reciprocamente: Rivalutare, Riconcettualizzare, Ristrutturare, Ridistribuire, Rilocalizzare, Ridurre, Riutilizzare e Riciclare.”*  
S. Latouche

## INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>10</b>
<b>Premessa.....</b>	<b>10</b>
<b>Obiettivi e finalità della Tesi.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITOLO 1: Il Rapporto Suolo - Foresta nella letteratura scientifica.....</b>	<b>14</b>
<b>Premessa.....</b>	<b>15</b>
1.1 Esigenze pedo-climatiche del faggio ( <i>Fagus sylvatica</i> L.).....	15
1.2 I suoli delle faggete dell' Appennino Meridionale.....	17
2.1 Esigenze pedo-climatiche del castagno ( <i>Castanea sativa</i> Miller).....	19
2.2 I suoli dei castagneti dell' Appennino meridionale.....	20
<b>3. Esigenze pedo-climatiche delle principali specie degli orno-ostrieti.....</b>	<b>21</b>
3.1 Esigenze pedo-climatiche del carpino nero ( <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.).....	22
3.2 Esigenze pedo-climatiche dell' orniello ( <i>Fraxinus ornus</i> L.).....	23
3.3 Esigenze pedo-climatiche del carpino orientale ( <i>Carpinus orientalis</i> Mill.).....	23
3.4 Esigenze pedo-climatiche del carpino bianco ( <i>Carpinus betulus</i> L.).....	23
<b>4. I suoli delle formazioni a querce caducifoglie ed orno-ostrieti del piano     vegetazionale basale dell' Italia meridionale.....</b>	<b>24</b>
<b>5. I Metodi di Valutazione delle terre per Scopi Forestali.....</b>	<b>27</b>
<b>6. Metodi di Valutazione della Fertilità Forestale basati sul <i>Site Index</i>.....</b>	<b>30</b>

<b>CAPITOLO 2: Inquadramento Territoriale e Conoscenze pregresse.....</b>	<b>33</b>
<b>1. Inquadramento Geografico ed Amministrativo.....</b>	<b>34</b>
<b>2. Caratteristiche geologiche dell' area.....</b>	<b>35</b>
<b>3. Limiti fisiografici, cenni di Geomorfologia ed Idrografia.....</b>	<b>39</b>
<b>4. Caratteristiche climatiche dell' area.....</b>	<b>43</b>
4.1 Le precipitazioni.....	44
4.2 Le Temperature.....	45
4.3 Diagrammi climatici.....	47
4.4 I Regimi idrici e termici dei suoli.....	50
4.5. Fasce Fitoclimatiche.....	50
<b>5. Caratteristiche paesaggistiche dell' area di studio.....</b>	<b>51</b>
<b>6. I suoli del Massiccio del Camposauro.....</b>	<b>53</b>
6.1 I Suoli del Sottosistema della Montagna appenninica.....	56
6.1.1. Associazione dei suoli Camposauro e suoli Monte Rosa (Unità CPS0-MOR0).....	56
6.1.2. Associazione dei suoli Monte Rosa e suoli Sette Serre (Unità MOR0-SES0).....	57
6.1.3 Consociazione di Monte Rosa, molto ripidi (Unità MOR2).....	58
6.1.4. Consociazione dei suoli Torre di Rienzo (Unità TOR0).....	58
6.1.5 Consociazione dei suoli Sazzarana (Unità SAZ0).....	58
6.1.6 Consociazione dei suoli Valle Oscura (Unità VAO0).....	59
6.1.7. Consociazione dei suoli Sette Serre (Unità SES0).....	59
6.1.8. Consociazione dei Suoli Lampazzuoli (Unità LMP0).....	59
6.1.9. Consociazione dei suoli Campo (Unità CAMP0).....	60
6.2 I Suoli del Sottosistema delle Aree di raccordo detritico-colluviali.....	60
6.2.1. Consociazione dei suoli Solopaca (Unità SOL0).....	61
6.2.2. Consociazione dei suoli Pezzalonga (Unità PEZ0).....	61
6.2.3. Associazione dei suoli Crugliano e suoli Impiano (Unità CRU0-IMP0).....	62
6.2.4 Consociazione dei suoli Cerzillo (Unità CER0).....	62
<b>7. Descrizione Forestale dell' area di studio.....</b>	<b>63</b>
7.1. Caratteristiche ecologiche dell' area forestale.....	64



7.2 Gli orno-ostrieti del Camposauro.....	71
7.3 Le Faggete del Camposauro.....	72
7.4 I castagneti del Camposauro.....	75
<b>CAPITOLO 3: Materiali e Metodi.....</b>	<b>77</b>
<b>Premessa.....</b>	<b>78</b>
<b>1. Rilievi forestali e Carta forestale della Valle Telesina.....</b>	<b>79</b>
<b>2. Uso di Dati Lidar-ALS per la produzione di DTM e Carte di supporto alla gestione forestale.....</b>	<b>80</b>
<b>3. Utilizzo del DTM LiDAR per la produzione dei Parametri e degli Indici della DTA "Digital Terrain Analysis".....</b>	<b>85</b>
3.1 Carta delle Pendenze della Valle Telesina.....	86
3.2 Carta dell' Esposizione della Valle Telesina.....	87
3.3 Carte delle curvature in piano e del profilo della Valle Telesina.....	87
3.4 Carta dell' Indice Topografico di Posizione (TPI) della Valle Telesina.....	88
3.5 Carta delle Forme di paesaggio ( <i>Landforms - TPI based</i> ) della Valle Telesina.....	89
3.6 Carta della <i>Catchment Area</i> della Valle Telesina.....	90
3.7 Carta del <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI) della Valle Telesina.....	91
<b>4. Analisi GIS Preliminare al campionamento pedologico .....</b>	<b>94</b>
4.1 Individuazione dei Soprassuoli Coetanei.....	95
<b>5. Il Campionamento Pedologico (Prima Fase: Trivellate).....</b>	<b>99</b>
<b>6. Stime di campagna.....</b>	<b>100</b>
6.1 Effervescenza all' HCl.....	101
6.2 Reazione all' NaF.....	102
6.3 Determinazione del Colore.....	102
6.4 Stime della Tessitura di campo.....	103
6.5 Stime dello scheletro in campo.....	105
<b>7. Analisi chimiche.....</b>	<b>107</b>
7.1 pH in H <sub>2</sub> O, KCl ed in NaF.....	107

7.2 Calcare Totale.....	108
7.3 Sostanza Organica.....	109
7.4 Capacità di Scambio Cationico.....	109
<b>8. Correlazioni statistiche preliminari.....</b>	<b>110</b>
<b>9. Seconda Fase del Campionamento Pedologico (Saggi di profondità).....</b>	<b>113</b>
<b>10. Ricampionamento dei dati raster ed estrazione dei valori delle informazioni puntuali.....</b>	<b>117</b>
<b>11. Test delle risoluzioni.....</b>	<b>119</b>
<b>12. Regressioni lineari multiple .....</b>	<b>122</b>
 <b>CAPITOLO 4: Risultati.....</b>	 <b>125</b>
<b>Premessa.....</b>	<b>126</b>
<b>1. Rilevamento sui paesaggi del Castagno.....</b>	<b>127</b>
1.1 Descrizioni geo-spaziale dei principali dati dendrometrici.....	128
1.2 Dati topografici del popolamento e delle osservazioni campionarie eseguite sul castagno.....	130
1.3 Descrizioni delle principali forme di paesaggio del castagno.....	131
1.4 Descrizione della Litologia e dei Suoli dell' area di studio e di quelli campionati .....	133
1.4.1 Andamento della profondità del suolo in relazione alle forme di paesaggio.....	135
1.4.2 Descrizione morfologica dei rilievi rappresentativi.....	137
1.5 Parametri morfometrici che caratterizzano i paesaggi del castagno.....	144
<b>2. Rilevamento sui paesaggi del Faggio.....</b>	<b>148</b>
2.1 Descrizioni geo-spaziale dei principali dati dendrometrici.....	149
2.2 Dati topografici del popolamento e delle osservazioni campionarie eseguite sul faggio.....	152
2.3 Descrizioni delle principali forme di paesaggio del faggio.....	153
2.4 Descrizione della Litologia e dei Suoli dell' area di studio e di quelli campionati.....	155
2.4.1 Andamento della profondità del suolo in relazione alle forme di paesaggio.....	156
2.4.2 Descrizione morfologica dei rilievi rappresentativi.....	160
2.5 Parametri morfometrici che caratterizzano i paesaggi del faggio.....	167
<b>3. Rilevamento sui paesaggi degli orno-ostrieti.....</b>	<b>171</b>

3.1 Descrizioni geo-spaziale dei principali dati dendrometrici.....	173
3.2 Dati topografici del popolamento e delle osservazioni campionarie eseguite sugli orno- ostrieti.....	177
3.3 Descrizioni delle principali forme di paesaggio.....	178
3.4 Descrizione della Litologia e dei Suoli dell' area di studio e di quelli campionati.....	180
3.4.1 Andamento della profondità del suolo in relazione alle forme di paesaggio.....	182
3.4.2 Descrizione dei suoli rappresentativi.....	189
3.5 Parametri morfometrici che caratterizzano i paesaggi degli orno-ostrieti.....	189
<b>CAPITOLO 5: Discussioni.....</b>	<b>195</b>
<b>1. Premessa: Regressioni lineari multiple .....</b>	<b>196</b>
<b>2. Analisi dei fattori pedologici, topografici e morfometrici rilevati sul faggio.....</b>	<b>197</b>
2.1. Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica del Faggio.....	197
2.1.1 Relazioni tra forme di paesaggio ed Altezze dendrometriche .....	201
2.1.2 Relazioni tra Esposizione ed Altezze dendrometriche .....	202
2.1.3 Relazioni tra Litologia, Suoli ed Altezze dendrometriche .....	203
2.2 Discussione in merito alle variazioni di fertilità delle faggete.....	204
2.3. Regressioni lineari multiple relative alla profondità del suolo delle faggete.....	204
2.3.1 Relazioni tra Esposizione e profondità del suolo .....	209
2.3.2 Relazioni tra Litologia, Suoli e profondità.....	210
2.4 Discussione in merito alle variazioni di profondità del suolo delle faggete.....	210
<b>3. Analisi dei fattori pedologici, topografici e morfometrici rilevati su castagno.....</b>	<b>211</b>
3.1 Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica castagno.....	211
3.1.1 Relazioni tra forme di paesaggio ed Altezze dendrometriche.....	215
3.1.2 Relazioni tra Esposizione ed Altezze dendrometriche.....	216
3.1.3 Relazioni tra Litologia, Suoli ed Altezze dendrometriche .....	216
3.2 Discussione in merito alle variazioni di fertilità dei cedui di castagno.....	218
3.3 Regressioni lineari multiple in merito alla profondità del suolo dei cedui di castagno.....	218
3.3.1 Relazioni tra Esposizione e profondità del suolo.....	223

3.3.2 Relazioni tra Litologia, Suoli e profondità.....	224
3.4 Discussione in merito alle variazioni di profondità del suolo dei cedui di castagno.....	225
<b>4. Analisi dei fattori pedologici, topografici e morfometrici rilevati sugli orno-ostrieti.....</b>	<b>226</b>
4.1 Regressioni lineari multiple Volume dendrometrico degli orno-ostrieti.....	226
4.1.1 Relazioni tra forme di paesaggio e volumi dendrometrici.....	230
4.1.2 Relazioni tra Esposizione e volumi dendrometrici .....	231
4.1.3 Relazioni tra Litologia, Suoli e Volumi dendrometrici .....	231
4.2 Discussione in merito alle variazioni della fertilità degli orno-ostrieti cedui.....	232
4.3. Regressioni lineari multiple profondità del suolo degli orno-ostrieti.....	233
4.3.1 Relazioni tra Esposizione e profondità del suolo.....	238
4.3.2 Relazioni tra Litologia, Suoli e profondità.....	239
4.4 Discussione in merito alle variazioni di profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui.....	240
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>241</b>
<b>Riferimenti Bibliografici.....</b>	<b>245</b>
<b>ALLEGATI</b>	
<b>Allegato 1:</b> Descrizione morfologica delle trivellate prelevate sui cedui di castagno.....	257
<b>Allegato 2:</b> Descrizione morfologica delle trivellate prelevate su fustaie di faggio.....	268
<b>Allegato 3:</b> Elenco dei Saggi di Profondità campionati sugli orno-ostrieti cedui con coordinate e principali parametri topografici.....	275
<b>Allegato 4:</b> Elenco dei Saggi di Profondità campionati sulle fustaie di faggio con coordinate e principali parametri topografici.....	277

<b>Allegato 5:</b> Elenco dei Saggi di Profondità campionati sui cedui di castagno con coordinate e principali parametri topografici.....	278
<b>Box 1:</b> Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico del Faggio e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica.....	279
<b>Box 2:</b> Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico del Castagno e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica.....	284
<b>Box 3:</b> Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica degli orno-ostrieti e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica.....	289

## INTRODUZIONE

### **Premessa**

I valori d'uso derivanti dagli ecosistemi forestali sono molteplici e possono essere suddivisi in due principali categorie: il valore d'uso diretto ed il valore d'uso indiretto. Il primo corrisponde al godimento effettivo del bene, ad esempio i capitali monetari derivanti dalla vendita dei prodotti legnosi ritraibili dalle utilizzazioni forestali o l'utilità che traggono i turisti quando visitano un parco naturale. Invece, il valore d'uso indiretto deriva dal godimento indiretto del bene, ad esempio tutti i benefici che trae l'umanità dalle foreste, ma che non vengono apprezzati da nessun mercato (Valentini, 2013). Appartengono a quest'ultima categoria le funzioni di protezione idrogeologica, la conservazione del suolo e l'aumento della fertilità dei suoli, la riduzione dell'inquinamento atmosferico, l'assorbimento di gas serra e l'attenuazione dei fenomeni legati ai cambiamenti climatici, di salvaguardia della qualità delle acque, di conservazione della biodiversità, sia vegetale che animale, di benessere psicofisico, attraverso tutte quelle attività, che ogni individuo può praticare all'interno di una foresta (INFC, 2005).

Al suolo viene riconosciuto lo svolgimento di molte funzioni vitali, quali la produzione di biomassa, lo stoccaggio e la trasformazione di elementi minerali, organici e di energia, il filtro per la protezione delle acque sotterranee e regola lo scambio di gas con l'atmosfera. Inoltre, il suolo rappresenta il supporto alla vita ed agli ecosistemi terrestri, è riserva di patrimonio genetico e di materie prime, custode della memoria storica, nonché elemento essenziale del paesaggio (Commissione Europea, 2002).

Il bosco, quale componente significativa dei territori montani e collinari, è parte di un sistema articolato di fattori che intervengono sulla regimazione idrica e sul controllo dell'erosione del suolo. L'entità della superficie boscata di un bacino idrografico e lo stato di efficienza dei boschi esprimono il livello di efficacia sulla conservazione del suolo (Iovino & Marchetti, 2010). Tanto più le condizioni strutturali dei boschi sono efficienti e l'incidenza in termini di superficie nel contesto del bacino idrografico è elevata, maggiore risulta l'influenza positiva sul controllo dell'idrologia dei versanti e sull'erosione dei suoli (Ciancio & Iovino, 1995). Il 10% delle foreste europee ha come funzione principale quella di protezione del suolo e delle

acque, questo è tanto più vero per il nostro paese dove la geografia forestale coincide con quella della montagna (MCPFE, 2007; Marchetti, 2009).

La capacità delle foreste di contrastare i processi di cambiamento globale, attraverso la riduzione delle emissioni nette di gas serra, riveste un ruolo centrale nei negoziati internazionali sul clima. Gli ecosistemi forestali sono in grado di assorbire il carbonio atmosferico e di accumularlo anche per periodi di tempo relativamente lunghi, nella biomassa, nella necromassa e nel suolo (Lindner *et al.*, 2010; Pan *et al.*, 2011; Kolström *et al.*, 2011). Ai fini della contabilizzazione del bilancio tra carbonio immesso nell'atmosfera e carbonio assorbito, le *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* (IPCC, 2003) identificano, nell'ambito degli ecosistemi forestali, cinque comparti (*carbon pools*): biomassa aerea (o epigea), biomassa ipogea, necromassa legnosa, lettiera e suolo. Nel suolo vengono stoccate le maggiori riserve di carbonio: circa due terzi del carbonio organico degli ecosistemi terrestri, ovvero il doppio di quello contenuto in atmosfera e il triplo di quello presente complessivamente nella biosfera epigea (Schlesinger, 1995). La maggior parte del carbonio nel suolo è contenuta nelle sostanze colloidali dell'humus, che permangono nel suolo per migliaia di anni. A titolo di esempio, si riporta il risultato di uno studio riguardante l'accumulo della sostanza organica nel suolo ed il miglioramento della fertilità esercitato da alcuni rimboschimenti. In Italia nord-orientale è stato stimato un aumento di C pari al 23% e al 6% rispettivamente alle profondità di 0-10 cm e 10-30 cm in un terreno rimboschito artificialmente da 20 anni, rispetto ad un terreno coltivato a mais (Del Galdo *et al.*, 2003).

Il ruolo della selvicoltura è quello di una gestione corretta del suolo atta a prevenirne il degrado (Pagliai, 2009). Con particolare riferimento alla protezione "diretta", il mantenimento e la valorizzazione di questa risorsa naturale è possibile attraverso l'applicazione di idonei trattamenti selvicolturali. La pianificazione di interventi selvicolturali mirati al miglioramento dei boschi è strettamente connessa alla difesa del territorio, sia attraverso il recupero e la bonifica di aree degradate ed inquinate che mediante azioni mirate al miglioramento dei boschi. Il ruolo del bosco sulla conservazione del suolo, viene inquadrato nel panorama più ampio della sostenibilità della gestione forestale, a livello nazionale e internazionale vi è una rinnovata presa di coscienza su questo tema. Già al summit di Rio de Janeiro (1992) furono prese in considerazione dai vari Stati una serie di dichiarazioni riguardanti la protezione del suolo. In seguito, la Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la Desertificazione (1994), stabilì la necessità di prevenire e ridurre il degrado del territorio, valorizzando le aree degradate e quelle interessate da processi di desertificazione. In Italia la programmazione nazionale per la lotta alla desertificazione ed alla siccità, è stata adottata dal CIPE nel 1999 e

prevede tra le misure di protezione del suolo, interventi di tipo forestale, come la gestione sostenibile e l' ampliamento del patrimonio forestale, nonché la prevenzione e la lotta agli incendi.

Nella gestione delle risorse forestali uno dei problemi di maggiore rilievo, riguarda la sostenibilità in termini ambientali dell' utilizzazione dei boschi, soprattutto in relazione all' impatto del taglio finale sulla conservazione del suolo (Garfi *et al.*, 2006). Le foreste sono sistemi complessi con capacità adattative in continuo cambiamento, rinnovamento e auto-organizzazione (Barbati *et al.*, 2014).

La conservazione del suolo ed il miglioramento della sua fertilità, intesa come l' insieme degli interventi che mirano in modo integrato a contenere i danni derivanti da errata gestione delle risorse, rappresenta un settore tipicamente interdisciplinare, nel quale la conoscenza della risorsa suolo e del paesaggio in modo integrato, può sicuramente fornire all' attività selvicolturale un contributo fondamentale. La definizione puntuale degli interventi da attuare, dovrà essere affidata agli strumenti di pianificazione forestale da svilupparsi a diverse scale e livelli, raccordandosi con quelli previsti dalla normativa in materia di conservazione del suolo. In questo ambito la messa a punto di indicatori, verificatori e valori soglia, che traducano i principi in standard scientificamente fondati, quantificabili, verificabili e facilmente replicabili, rappresenta un aspetto fondamentale per rendere compatibile l' uso delle foreste con la conservazione del suolo.

### **Obiettivi e finalità della Tesi**

L' area oggetto di Studio è ubicata nell' Appennino campano, è estesa circa 4.087 ha ed è rappresentata dal versante nord e dalla fascia pedemontana del Monte Camposauro, sita nella porzione centro-occidentale della Provincia di Benevento. In questo lavoro l' attenzione è ricaduta sui suoli, sul contesto topografico e geomorfologico delle tre tipologie forestali più rappresentative dell' area oggetto di studio: gli orno-ostrieti cedui, le fustaie di faggio, i cedui di castagno e sui parametri dendrometrici che caratterizzano tali tipologie forestali.

Gli obbiettivi principali di questo lavoro sono stati due:

- **il primo** comprendere quali fattori pedologici, topografici, litologici, geomorfologici, morfometrici e di potenziale interesse idrologico, determinano apprezzabili variazioni sulla fertilità delle tipologie forestali oggetto di studio;



- **il secondo** è valutare la fattibilità di prevedere la profondità del suolo, a partire dai seguenti parametri: tipologia forestale, parametri dendrometrici, topografici, morfometrici e di potenziale interesse idrologico.

Gli strumenti forniti in questo lavoro si inseriscono in un'ottica integrata di gestione forestale razionale, sostenibile e multifunzione, che tiene conto soprattutto della “Risorsa Suolo”, in fase di pianificazione ed utilizzazione di tali risorse.

## **CAPITOLO 1**

### **IL RAPPORTO SUOLO - FORESTA NELLA LETTERATURA SCIENTIFICA**

## Premessa

La letteratura italiana ed internazionale ci fornisce vari lavori in cui sono stati trattati i suoli forestali, i rapporti intercorrenti tra questi ed soprassuoli e le esigenze pedo-climatiche delle specie e formazioni boschive oggetto di questo lavoro. La maggior parte di tali studi, hanno valutato la fertilità forestale da un punto di vista quantitativo e qualitativo, soprattutto a scopo di rimboschimento ed hanno riguardato maggiormente le formazioni artificiali. Di contro la letteratura è carente di lavori che hanno valutato quantitativamente la fertilità forestale da un punto di vista di "Sito" delle faggete, castagneti e degli orno-ostrieti in funzione dei fattori che contraddistinguono il sito stesso (*Site Factors*): pedologici, litologici, topografici, geomorfologici e di potenziale interesse idrologico e la loro influenza sulla fertilità di tali tipologie forestali. Dal punto di vista bibliografico, in questo lavoro, l'attenzione sarà focalizzata sulla letteratura che ha già trattato le esigenze pedo-climatiche ed i suoli delle formazioni forestali dell' area di studio e di aree geograficamente vicine. Successivamente verrà esposta una breve "Review" sui Metodi di Valutazione delle Terre per Scopi Forestali, focalizzando l' attenzione sul Metodo del *Site Index*.

### 1.1 Esigenze pedo-climatiche del faggio (*Fagus sylvatica* L.)

Il faggio necessita di un clima oceanico e di ambienti livellati, con inverno freddo ma non troppo, primavera piovosa, nebbiosa e senza gelate; di un periodo vegetativo lungo ma senza eccessi di evapo-traspirazione e suoli con ottime caratteristiche chimico-fisiche. Pertanto si deve tenere conto delle elevate esigenze ecologiche di tale specie, per quanto riguarda la gestione conservativa delle faggete ed in fase di scelta e gestione dei popolamenti con attitudine produttiva (Bernetti, 1995).

Il faggio vegeta in stazioni con temperatura media annua compresa tra 6-12 °C, con ottimo verso i valori superiori, purché siano compensati dalle piogge; il limite di continentalità (differenza tra la temperatura media del mese più caldo e quella del mese più freddo), è valutato nel limite di 20 °C, con ottimo a 16 °C (Hofmann, 1991). Il limite inferiore è principalmente un limite di aridità; invece, quello superiore è legato alle basse temperature; infatti, la specie è molto sensibile alle gelate primaverili che compromettono la sopravvivenza del novellame e il corretto sviluppo della rinnovazione (Bernetti, 1995).

La distribuzione del faggio è molto legata alle precipitazioni, che nell' ottimo superano i 1.500 mm medi annui. L' acqua freatica non sostituisce le piogge, perché le radici hanno forti

necessità di respirazione. Viste le quote a cui si rinviene in Italia ed in altri Paesi mediterranei, la siccità estiva ha effetti contenuti, a meno che non si ripeta a brevi intervalli o non si combini con la siccità invernale o primaverile, oppure con un' annata di gelate primaverili. Il limite inferiore del faggio si manifesta in modo diverso secondo la piovosità locale o secondo l' esposizione. In località con particolare umidità atmosferica si possono trovare faggete fino a 300-400 m slm..

Il faggio ha un ottimo su suoli ben areati e senza alcun accenno a orizzonti idromorfi (Sanesi, 1962), che abbiano un' adeguata capacità di ritenuta idrica. Queste due condizioni possono essere soddisfatte, quando il suolo è molto ricco di humus mull ben distribuito negli orizzonti minerali e quando un consistente strato di lettiera ancora indecomposta limita l' evapotraspirazione. Le esigenze di nutrienti risultano contenute o comunque assorbite dal bisogno di quantità di humus. Non presenta notevoli esigenze per quanto riguarda il tipo di roccia madre e per quanto riguarda il pH, teme i suoli "troppo" acidi, ma necessita soprattutto di suoli umidi, profondi e ricchi di sostanza organica (Avolio, 2003). La natura dell' humus, assieme alla vegetazione erbacea ed arbustiva concorrente svolge un ruolo importante per la rinnovazione; infatti non è capace di rinnovarsi nel proprio humus e con il solo apporto della propria lettiera (Bernetti, 1995). Il faggio si allontana dall' ottimo nei suoli con humus acido di tipo mor e nelle stazioni, in cui la lettiera è spazzata dal vento. La lettiera del faggio assolve molto bene alle funzioni di condizionatore della struttura e dell' umidità del suolo. Dal particolare bisogno di accumulo della lettiera e di humus nel suolo, derivano importanti conseguenze selvicolturali. Le faggete dei suoli più scadenti devono restare escluse dalla destinazione produttiva. Volendo migliorare boschi degradati e radi, è opportuno impiantare un soprassuolo accessorio di altre specie miglioratrici del suolo.

Le faggete italiane, si ripartiscono in tre raggruppamenti geografici: le faggete medioeuropee, che sono sostituite a sud dell' Abruzzo e del Lazio, dalle Faggete mediterraneo-montane (o faggete meridionali) e le Faggete Illiriche che appaiono marginalmente lungo le Alpi Giulie (Hoffman, 1991).

Focalizzando l' attenzione sulle **faggete mediterraneo-montane**, la principale differenza risiede nel sottobosco più povero di specie; le radure piuttosto che da erbe nitrofile, sono occupate da felce aquilina (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). Abbondano le sempreverdi non mediterranee, come l' agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.) ed il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) (Gentile 1969; Cantiani M. jr, 1984; Hofmann, 1991).

Le tipologie principali delle faggete meridionali sono due: le faggete termofile ad agrifoglio e le faggete d' alta quota (*Asyneumati-Fagetum*) in associazione con l' abete bianco (*Abies alba* Mill.).

**Le faggete termofile ad agrifoglio** sono le faggete meridionali delle quote inferiori ai 1.500 m s.l.m., su suoli debolmente acidi. Vi sono comprese varianti affini alle faggete eutrofiche, oppure alle faggete termofile medioeuropee e mancano i tipi acidofili (Bernetti, 1995). Il sottobosco è costituito da erbe basse (*Lathyrus venetus*, *Euphorbia amygdaloides*, *Allium pendulinum*, *Melica uniflora*, *Geranium versicolor*), combinato con più frequenti arbusti (*Daphne laureola*, *Ilex aquifolium*). Le specie arboree consociate sono l' acero montano (*Acer pseudoplatanus* L.), l' acero del Lobel (*Acer lobelii* Tenore) e nelle zone più disturbate anche specie pioniere come l' ontano napoletano (*Alnus cordata* (Loisel.) Desf.) ed pioppo tremulo (*Populus tremula*, L.). La variante dei suoli freschi ha più geranio, più dafne e non rara è la consociazione con il tasso (*Taxus baccata* L.); mentre, la variante termofila, ha più agrifoglio. Le faggete ad agrifoglio alle quote superiori con alta erba nitrofila (*Aremonia aremoides*) costituiscono il tipo ecologicamente affine agli aceri-frassineti delle faggete medioeuropee.

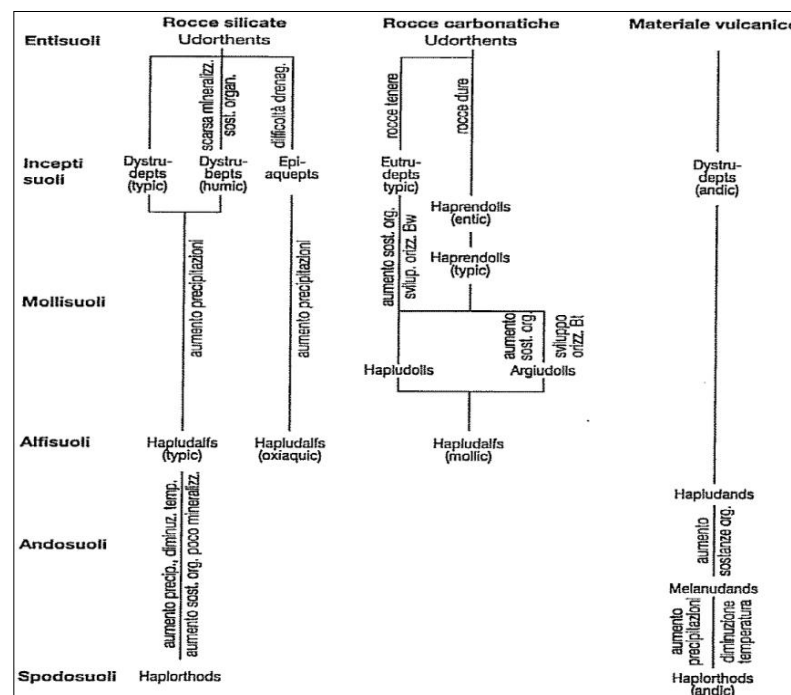
**Le faggete d' alta quota (*Asyneumati-Fagetum*) in associazione con l' abete bianco**, sono tipiche nella fascia superiore tra i 1.500 m. fino al limite superiore della vegetazione forestale (1900-2000 m). Il faggio alle quote più alte, nei versanti più freddi, dà luogo alla particolare associazione con l' abete bianco, conifera presente in modo discontinuo nell' Appennino. Una volta tipica associazione delle faggete appenniniche d' alta quota, ora divenuto uno degli ecosistemi a maggior rischio d' estinzione.

## **1.2 I suoli delle faggete dell' Appennino meridionale**

Condizioni di umidità e temperatura idonee al faggio, sono presenti in gran parte della fascia montana dell' Appennino meridionale. L' interesse di queste faggete è reso ancora più evidente, come esposto nel paragrafo precedente, dalla presenza dell' abete bianco alle quote superiori di tali formazioni forestali (*Asyneumati-Fagetum*). Le favorevoli condizioni climatiche della fascia montana mediterranea, nei confronti dell' accumulo e degradazione della sostanza organica, si riflettono sul suolo, con consistente sviluppo degli orizzonti umiferi, che a seconda della micromorfologia, possono essere facilmente mineralizzati in humus *Mull forestali*, oppure accumulati sottoforma di humus grezzo: *Moder* o *Mor* (Giordano, 2002).

Un' ipotetica evoluzione dei suoli delle faggete appenniniche, viene proposta nel seguente schema.

**Schema 1** - Proposta di schema di evoluzione dei suoli nelle faggete appenniniche (Giordano, 2002)



Nello specifico i suoli delle faggete del Camposauro possono essere attribuiti secondo la classificazione della WRB (FAO, 2014) agli *Eutric Silandic Andosol - Siltic, Thixotropic* (Vingiani, 2014).

Un profilo pedologico descritto da Mancini (1960) nella Foresta Demaniale del Taburno, comprova un' elevata fertilità di questa faggeta su suolo vulcanico: *epipedon* potente su 55 cm, debolmente sub-acido, sostanza organica compresa tra 8-10% ed un rapporto C/N intorno a 10.

Le faggete dell' Irpinia vegetano su substrati calcarei del Mesozoico molto permeabili e su suoli che si sono evoluti da profonde coltri di cenerei vulcaniche e che hanno originato Andosuoli. Buona parte dei monti dell' Irpinia, presentano una serie di condizioni che li rendono particolarmente adatti alla faggeta: piogge consistenti (2.000 mm) e ben distribuite durante tutto l' arco dell' anno, abbondanza di neve che termoregola l' ambiente (Giordano, 2002).

Le classi di fertilità previste da Mario Cantiani (1957), confermano l' elevata fertilità forestale delle faggete irpine (Tabella 1). La buona fertilità di tali faggete è di sovente attribuibile ai suoli profondi, ben provvisti di elementi nutritivi e ne è indicatrice la presenza di un sottobosco a *Galium odoratum*. In taluni ambienti come nelle migliori faggete del Comune di

Montella (AV), su *Hapludands* profondi e ricchi di basi, si forma una copertura pressoché continua dell' esigente *Allium ursinum* (Cantiani M. jr, 1984).

**Tabella 1** - Dati relativi alle 3 classi di fertilità del faggio dell' Irpinia (a 90 anni) prima del taglio periodico (Cantiani M., 1957).

	N° piante ad ha	Ø cm	Area basime- trica m <sup>2</sup> /ha	Altezza m	Massa dendrome- trica m <sup>3</sup> /ha	Incremento percen- tuale medio (tra 80 e 90 anni) m <sup>3</sup> /ha	Incremento m <sup>3</sup> /anno /ha
1° classe	640	31	48,3	23,5	612	6,3	5,85
2° classe	1100	23	45,2	17,0	450	5,1	4,41
3° classe	1520	19	41,9	12,4	312	4,3	3,06

## 2.1 Esigenze pedo-climatiche del castagno (*Castanea sativa* Miller)

Per quanto riguarda le esigenze climatiche del castagno, il limite freddo è individuato nella temperatura media annua di 8 °C, con temperatura media del mese più freddo superiore -2 °C, con danni che compaiono sotto i -25 °C. Si ritengono necessari almeno sei mesi con temperatura media superiore a 10 °C e l' ottimo di sviluppo corrisponde ai valori termici superiori e propri di stazioni direttamente supramediterranee, al limite freddo le fruttificazioni sono molto irregolari (Bernetti, 1995).

Al castagno si possono attribuire peculiari ed elevate esigenze per quanto riguarda le proprietà chimico-fisiche del suolo. Il castagno sostiene tanto meglio la siccità estiva se la struttura del suolo garantisce un bilancio idrico sufficiente. Le esigenze di respirazione radicale sono molto elevate e pertanto il castagno preferisce suoli sabbiosi o sabbioso-limosi ed evita i ristagni d' acqua anche modesti, che fra l'altro, facilitano gli attacchi di mal dell'inchiostro (*Phytophthora cambivora* e *Phytophthora cinnamomi*).

La questione dell' acidofilia del castagno si imposta nel senso che, per il bilancio idrico e per l' aereazione, si colloca su terreni sciolti; tali suoli sono anche quelli più soggetti all' acidificazione che il castagno tollera, sia pure con accrescimenti progressivamente più ridotti (Bernetti, 1995). La tolleranza per i suoli con substrato costituito da rocce carbonatiche, cresce all'aumento della piovosità; esistono castagneti su rocce carbonatiche in stazioni particolarmente piovose (es. castagneti tra Mormanno (CS), Laino Borgo e Laino Castello (CS)).

Il suolo condiziona molto lo sviluppo e la distribuzione del castagno anche nei suoi aspetti regionali. L'ottimo di sviluppo del castagno, si trova dove sono soddisfatte le sue grandi esigenze di nutrizione sia azotata che minerale; quindi, su suoli neutri o subacidi, ricchi in

humus ed anche di basi, fra i quali è molto importante il potassio. In conclusione si può formulare la seguente regressione dai terreni ottimi a quelli rifiutati, che deve essere interpretata anche in relazione al clima (Bernetti, 1995):

- i. depositi vulcanici alterabili: tufi e depositi di ceneri, come nel Lazio, in Campania e sul Monte Vulture;
- ii. lave vulcaniche antiche sufficientemente alterate: come sull' Etna e sul Monte Amiata;
- iii. graniti e altre rocce intrusive acide: come in Sardegna ed in Calabria, in modo particolare fascia pre-silana, Serre vibonesi e catanzaresi;
- iv. arenarie ed altri sedimenti a residuo sabbioso, qui la produttività del castagno dipende molto dall'abbondanza di humus nel suolo;
- v. rocce carbonatiche a residuo non argilloso (dolomie, marmi, calcari duri, calcareniti), dove la tolleranza dipende molto dalla piovosità;
- vi. scisti arenaceo-limosi o argillosi, dove il castagno è ai suoi limiti;
- vii. restano negati al castagno tutti i suoli costituiti su rocce sedimentarie a residuo argilloso (calcari marnosi, marne, ecc.), ogni tipo di argilla e tutti i terreni derivanti da rocce ferromagnesiache (serpentine, gabbri, ecc.), che sono troppo povere degli elementi minerali necessari alla nutrizione.

I castagneti dell' Italia meridionale sostituiscono cenosi di stazioni mesiche in associazione con roverella (*Quercus pubescens* Willd.), cerro (*Quercus cerris* L.), farnetto (*Quercus conferta* Kit.), ontano napoletano ed ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) e si rinviene in modo sporadico il rovere meridionale (*Quercus dalechampii* Ten.). La flora più comune del sottobosco dei castagneti è costituita dalle specie acidofile, come la felce aquilina, la cornetta dondolina e la ginestra dei carbonai, con calluna fino alla Toscana media, erica arborea ed erica scoparia negli ambienti sopramediterranei.

Nei suoli mesici, i castagneti da frutto hanno il sottobosco a prateria del tipo arrentatereto o molino-arrentatereto, con graminacee mesofile e molte erbe lamifoglie. I cedui invece, grazie alla copertura più densa, condividono parte delle erbe basse delle faggete (geranio nodoso, geranio robertiano, etc.).

Nelle stazioni più fresche e con suolo più ricco, è possibile l' evoluzione a nocciolo (*Corylus avellana* L.) ed acero montano, frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.) e frassino meridionale (*Fraxinus angustifolia* Vahl). All' opposto sui suoli evoluti da scisti arenaceo-argillosi, il carpino nero può dimostrarsi molto aggressivo (Ubaldi, 1971).



## 2.2 I suoli dei castagneti dell' Appennino meridionale

Sia per gli ambienti alpini anche per quelli appenninici, la fascia più termofila della faggeta, è stata di sovente occupata dal castagneto da frutto o ceduo, talora coniferato. I suoli rispetto a quelli della faggeta presentano una più rapida mineralizzazione della lettiera.

Sui complessi vulcanici di Roccamonfina e del Somma-Vesuvio si sviluppano Andosuoli profondi e fertili, dove la pendenza fa escludere l' esercizio agricolo. In Provincia di Salerno e Avellino, sempre su suoli vulcanici, vegetano castagneti molto fertili con presenza di acero, cerro, orniello, ontano napoletano e nocciolo. Si tratta di ambienti molto instabili, a causa delle ceneri vulcaniche, che poggiano su strati litologici di differente consistenza e permeabilità. Nel disastro di Sarno, questa particolare configurazione stratigrafica, ha avuto un ruolo essenziale (Del Prete *et al.*, 1998; Terribile *et al.* 2000; Iovino & Nicolaci, 2008).

Nella Valle dell' Irno tra la provincia Avellino e Salerno, con precipitazioni comprese tra 1.200 e 1.500 mm medi annui, con suoli simili a quelli precedentemente descritti per le faggete dell' Irpinia e del Taburno, anche il castagno governato a ceduo fornisce delle ottime rese. Si riportano nella seguente tabella le classi di fertilità dei cedui di castagno della Valle dell' Irno, stimate da La Marca (1981).

**Figura 2** - Dati relativi a tre classi di fertilità dei cedui di castagno ad 11 anni della Valle dell' Irno (La Marca, 1981)

	Altezza domi- nante m	Volume totale m <sup>3</sup>	Incremento medio m <sup>3</sup> /ha/anno	Incremento corrente tra il 10° e l'11° anno m <sup>3</sup> /ha/anno
1ª classe	13,5	210	19,1	17,2
2ª classe	12,0	177	16,1	15,8
3ª classe	10,5	143	13,0	14,4

## 3. Esigenze pedo-climatiche delle principali specie degli orno-ostrieti

Generalmente i querceti e gli orno-ostrieti, lungo l' arco appenninico e pre-alpino sono le formazioni forestali tipiche ed autoctone, che occupano la fascia basale e sub-montana ed occupavano i territori su cui attualmente vegeta il castagneto da frutto e ceduo; quest' ultimo introdotto in epoca greca e romana. Vegetano in stazioni comprese tra i 300/400 m ed i

1000/1100 m s.l.m., le precipitazioni variano tra i 1.000 ed i 1.500 mm medi annui ed affrancano questo vasto settore dell'Italia dall'influenza tipicamente mediterranea.

Le principali specie arboree rinvenibili negli orno-ostrieti sono il carpino nero, il carpino bianco, il carpino orientale, le querce caducifoglie e l'orniello. Tali specie sono interessanti per la loro influenza nell'evoluzione dei boschi e sono specie miglioratrici del suolo, alcune come l'orniello possono anche colonizzare terreni superficiali. Per l'impedimento alla rinnovazione delle querce e per l'ingombro su terreni da rimboschire erano storicamente considerate come specie infestanti (Bernetti, 1995).

### **3.1 Esigenze pedo-climatiche del carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.)**

Il carpino nero è una tipica specie dei querceti sopra-mediterranei molto correlata alla roverella ed al cerro; in Italia è indubbiamente il carpino più frequente. Nei rapporti con le querce, non segue il rovere nel senso dei suoli acidi, non segue la roverella nel senso dei suoli xerici e non segue la farnia nelle pianure alluvionali, in quanto non tollera la sommersione delle radici. Il carpino nero in stazioni frequentemente disturbate dagli incendi e dai tagli, può sostituire le querce, in quanto è caratterizzato da uno sviluppo più rapido e da una maggiore capacità pollonifera; invece in suoli calcarei più poveri, dove la sua evoluzione è più lenta, questa va a favore delle querce. Alle quote massime (1.000-1.200 m) è esclusivo delle esposizioni più calde e per la sua maggiore competitività in stazioni più disturbate, può sostituire il faggio.

Le esigenze idriche sono nettamente superiori a quelle della roverella e dell'orniello, come risulta anche dalle prove ecofisiologiche (Pedrotti, 1965). L'apparato radicale è superficiale e poco adatto ad eludere l'aridità. Dove la piovosità è elevata, può colonizzare detriti ghiaiosi, salvo subire danni in occasione di annate eccezionalmente siccitose (Cristofolini, 1981). In ambienti collinari della Penisola, il carpino nero si localizza solo nelle esposizioni verso nord. Quando appare nella vegetazione mediterranea, si manifesta solo come specie di fondovalle e di forra.

Le necessità di respirazione radicale sono notevoli; evita terreni palustri, piuttosto tollera terreni argillosi (Bernetti, 1995). La distribuzione secondo il suolo è macroscopicamente orientata verso le formazioni carbonatiche o marnose; difatti le maggiori superfici di ostrieti corrispondono a regioni fortemente influenzate da rilievi calcarei. La scarsità della specie sui suoli silicatici, è probabilmente dovuta alla più vivace concorrenza delle altre latifoglie (es. castagno).

Gli ostrieti di pendice ripida e dei terreni argillosi o calanchivi costituiscono arbusteti che assolvono ad una irrinunciabile azione protettiva; del resto la specie è stata utilizzata anche per il rimboschimento di terreni argillosi.

### **3.2 Esigenze pedo-climatiche dell' orniello (*Fraxinus ornus* L.)**

L' orniello è una specie termofila, una delle caducifoglie più resistenti all'aridità. Frugale ed eliofila, è la specie che svolge meglio il ruolo di pioniera nella fascia sopramediterranea. Nella fascia basale e sui suoli carbonatici o marnosi, l' orniello si associa fedelmente al carpino nero tanto che tali formazioni, le più diffuse in Italia, vengono definite come orno-ostrieti. In base al regime di umidità edafica ed atmosferica, possiamo distinguere due tipologie di orno-ostrieti: la variante meso-xerofila e quella mesofila, a cui si associano specie secondarie e sporadiche differenti in base al contesto pedo-climatico delle singole cenosi. L'orniello si trova inoltre, anche allo stato di cespuglio nei boschi xeromorfi di roverella e leccio (*Quercus ilex* L.).

La frequenza della specie in più tipologie forestali è dovuta alla sua capacità di pionierismo e di diffusione. L'orniello è stato usato anche per la copertura di terreni calcarei o marnosi aridi (Benretti, 1995).

### **3.3 Esigenze pedo-climatiche del carpino orientale (*Carpinus orientalis* Mill.)**

Tale specie, chiamata anche carpinella, si presenta allo stato di arbusto raramente alberetto, è una specie termofila, si trova anche nei querceti planiziari. E' anche resistente all' aridità. Ciò gli permette di essere frequente anche in un contesto di boschi di roverella o di arbusteti di pruneto.

### **3.4 Esigenze pedo-climatiche del carpino bianco (*Carpinus betulus* L.)**

Il carpino bianco trova il suo ottimo su suoli freschi, ricchi di azoto, neutri o subacidi. Come il carpino nero non segue la rovere nel senso dei suoli acidi, non segue la roverella nel senso dei suoli xerici, non segue la farnia nelle pianure alluvionali, ma a differenza di tale carpino, risulta più lento nella crescita ed è caratterizzato da minore capacità pollonifera.

E' considerata una specie semi sciafila, elude l' ombra delle altre specie con l' entrata in vegetazione più precoce; inoltre, la resistenza dei semenzali all' ombra è tanto maggiore, quanto più il suolo è ricco di azoto.

Nei cedui trattati a turno breve, il suolo si impoverisce e le querce conservano la loro abbondanza, grazie alla loro maggiore plasticità rispetto alle condizioni edafiche. Invece, con l' aumentare della fertilità e dell' umidità, il carpino bianco incontra la concorrenza delle

grandi latifoglie esigenti (castagno e faggio) oppure dell' ontano nero e dell' olmo campestre (*Ulmus minor* Mill.).

In Italia il carpino bianco sarebbe potenzialmente frequente nel margine delle Alpi, nella Pianura Padano-Veneta ed in parte della Penisola. In pratica è stata ridotta ad una specie quasi secondaria, perché i suoli di sua competenza, sono stati trasformati in colture agrarie e in castagneti. Attualmente si trova spesso associato al carpino nero, lo rinveniamo nei castagneti abbandonati, nei cedui di faggio sub-montani, negli avvallamenti dei cedui collinari di quercia (anche cerro) e nei boschi planiziali.

#### **4. I suoli delle formazioni a querce caducifoglie ed orno-ostrieti del piano vegetazionale basale dell' Italia meridionale**

Per evidenziare le grandi linee di evoluzione dei suoli dei querceti e degli orno-ostrieti del piano vegetazionale sopra-mediterraneo e basale (o medio-europeo) dell' Italia centrale e meridionale si è tentato di tracciarne uno schema indicativo, che si riporta qui di seguito. I querceti di roverella e farnetto, gli orno-ostrieti, le carpinete a prevalenza di carpino bianco ed i boschi bassi a prevalenza di carpinella, risultano essere le principali formazioni boschive che coprono i rilievi appenninici meridionali, per lasciar posto al cerro sui suoli più acidi e nelle località più fresche piovose al faggio, dove all' effetto dell' umidità si unisce anche quello della quota.

Nello specifico, ed entrando più nel dettaglio, si può osservare che nel Molise e sui Monti del Sannio, è presente una consistente fascia di arenarie, sulla quale si sviluppano Suoli bruni acidi: *Dystrudepts*; anche ad ovest di Benevento si rinvencono formazioni arenacee del Miocene, su cui prevalgono i *Dystrudepts* (Giordano, 2002) . L' attitudine forestale di questi suoli è buona e nelle zone più umide compare l' ontano napoletano, che potrebbe essere esteso con notevole vantaggio a motivo del miglioramento della fertilità del suolo.

**Schema 2** - Proposta di schema di evoluzione dei suoli sotto querceti ed orno-ostrieti in Italia centrale e meridionale: fascia sopra-mediterranea e basale (Giordano, 2002).

Ordini di suoli	Rocce carbonatiche				Rocce silicate		Materiali vulcanici	
	Tenere		Dure		Ambiente secco	Ambiente umido	Ambiente secco	Ambiente umido
	Ambiente secco	Ambiente umido	Ambiente secco	Ambiente umido				
Entisols					Xerothents		Udorthents	
Inceptisols	<p>Xerepts</p> <p>Eutrudepts</p> <p>Lithic Typic Aquic</p> <p>Calcic</p> <p>Rendollic e ruptic-alfic</p>				<p>Dystro-xerepts</p> <p>Humic Dystro-xerepts</p> <p>Lithic Typic Aquic</p> <p>Typic</p>		<p>Dystro-depts</p> <p>Humic Dystro-depts</p> <p>Lithic Typic Aquic</p> <p>Ruptic-alfic</p>	
Mollisols	<p>Haploxerolls</p> <p>Calcic-Argiudolls</p>		Rendolls Entic Typic	Rendolls Entic Inceptic				
Alfisols			Rhodoxeralfs	Rhodudalfs	Xeralfs	Udalfs		
Andisols							Xerands	Udands

L' area che va dal Fiume Garigliano al Fiume Lao, è largamente costituita da calcari compatti mesozoici interessati ora da formazioni vulcaniche tra Caserta e Salerno, ora da vaste aree a *flysch* (Cilento e Basilicata).

Il Massiccio calcareo del Pollino nelle zone più vicine al mare, mantiene cenosi a prevalenza di querce in fasce altimetriche relativamente elevate. Tali suoli appartengono per lo più ai sottogruppi litici degli *Haprendolls*, *Haploxerepts* ed *Eutrudepts* (Giordano, 2002).

Le basse pendici dei rilievi calcarei (Monti Picentini e Alburni), presentano suoli e vegetazione analoghi a quelli descritti precedentemente per il Pollino. Si rileva che su molti rilievi campani ed in particolare Alburni e Picentini, vi possono essere coperture di materiale piroclastico a cui corrispondono tratti di bosco di più elevata fertilità. Quindi, va posta una cura particolare nel conservare tale coltre (profonda circa 1-2 m) "di preziosi materiali", che una volta asportati dall' erosione, per errato trattamento del bosco, sono perduti per sempre. Da suoli ricchissimi si passa così a suoli poveri e superficiali *Rendzina* di pochi centimetri di spessore (Mancini, 1977).

Il Cilento è caratterizzato da alternanze ritmiche a prevalente componente argilloso-marnosa (Formazione di Pollica, Cretaccio-Paleocene), presenta suoli poco permeabili a tendenza

idromorfa durante l' inverno e vertica durante l' estate. Nelle associazioni dei suoli prevalgono i suoli bruni acidi (*Dystrudepts* e *Dystroxerepts* tipici, *aquici* e *oxiaquici*), i suoli bruni lisciviati (*Hapludalfs* e *Haploxeralfs*, nei sottogruppi *aquici*, *vertici* ed *oxiaquici*) e i suoli bruni (*Haploxerepts*, tipici, *aquici*, *vertici* ed *oxiaquici*). I fenomeni di dissesto, molto diffusi nell' area interessano i suoli e la massa rocciosa. Sono tipici gli smottamenti, gli scoscendimenti e nelle zone dove la frazione argillosa è prevalente, i colamenti (Giordano, 2002). Non è un ambiente particolarmente adatto alle foreste (coefficiente di boscosità della Comunità Montana Alento-Monte Stella, nel Cilento Occidentale 9,4%) e difatti prevalgono pascoli senza alberi e coltivi (Giordano, 2002).

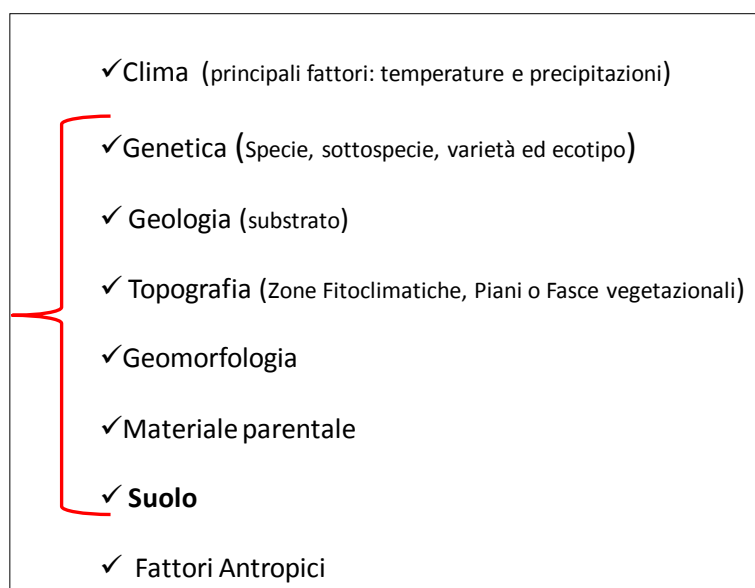
Nell' area compresa tra il Fiume Sangro ed il Torrente Trionto (Calabria jonica) il substrato è costituito prevalentemente da sedimenti arenaceo-marnosi di tipo flischoide ed i complessi argillosi eterogenei tettonizzati ,si appoggiano ad occidente al complesso dei calcari massicci e stratificati in grossi banchi e dei calcari in strati medi e sottili riferibili per lo più al Cretacico ed al Giurassico. A Oriente si appoggiano, invece, ai calcari cretacici del Gargano e delle Murge e a sud ad una successione di colline Plioceniche degradanti verso il mare. Il paesaggio del *flysch* è prevalentemente forestale, mentre quello collinare pliocenico è di tipo agrario, per altro i due paesaggi sono accomunati da analoga propensione all' erosione ed al dissesto a causa della natura dei suoli poco porosi ed impermeabili. Le forme erosive possono configurare estesi paesaggi brulli o addirittura a calanchi, come nelle medie Valli del Bradano, Basento, Agri, Sinni e Cavone in Basilicata. Il *flysch* è caratterizzato da suoli bruni (*Dystrudepts* e *Dystroxerepts*), suoli bruni lisciviati (*Udalfs* e *Xeralfs*) e talora suoli bruni a *Pseudogley* (*Oxyaquic Dystrudepts* e *Dystroxerepts*) e suoli bruni a carattere vertico (*Vertic Dystrudepts* e *Dystroxerepts*); mentre, su sedimenti marini pliocenici si trovano suoli bruni calcarei (*Rendollic Eutrudepts*, *Typic Calcixerepts* e *Calcic Haploxerepts*), suoli bruni vertici (sottogruppi vertici degli *Eutrudepts*, *Calcixerepts* ed *Haploxerepts*) e Regosuoli (*Orthents*) (Giordano, 2002). Sui versanti e specialmente verso il limite inferiore della faggeta, vi sono numerosi pascoli. La maggior parte dei versanti è coperta da estese cerrete la cui diffusione è da mettere in relazione con la particolare adattabilità della specie a questa tipologia di terreni argillosi (*Dystrochrepts* e *Xerochrepts*, con i sottogruppi *aquici*), tipici del Molise, del Sannio e dell' Irpinia e dove aumenta l' idromorfia dei suoli appare l' ontano napoletano (Giordano, 2002).

## 5. I Metodi di Valutazione delle terre per Scopi Forestali

Le informazioni relative alle esigenze pedo-climatiche di specie forestali e quelle relative alla presenza/assenza di una determinata formazione boschiva in un determinato sito, che ne influenza anche la fertilità, si basano su informazioni generali, dal momento che una specie o formazione forestale in condizioni climatiche simili, può reagire in modo diverso secondo le condizioni pedologiche, in ambienti con suoli simili si possono verificare risposte diverse da parte delle formazioni forestali, qualora vi siano differenze climatiche (Giordano, 2006).

I principali fattori che determinano la presenza/assenza di una specie forestale e la fertilità stazionale di un bosco sono sintetizzati in questo schema:

**Schema 3** - Principali fattori in rapporto olistico, che determinano la presenza/assenza di una determinata specie e la fertilità di una stazione forestale.



Quindi, la presenza/assenza di una determinata specie e la fertilità di una foresta espressa in base ad un determinato parametro, prevalentemente di tipo dendro-auxometrico (es. provvigione legnosa, altezza media o dominante, tasso di accrescimento etc., etc.), sono il risultato olistico dei suddetti fattori. In questo lavoro, ci siamo concentrati sui fattori evidenziati dalla parentesi graffa in rosso (Schema 3), ovvero sulle tre formazioni forestali più rappresentative del Camposauro e su parametri di tipo: pedologico, topografico, litologico e geomorfologico.

Il metodo di Valutazione delle terre più diffuso è “*Land Evaluation*”, questa è definita dalla FAO (1985) come: “il processo attraverso il quale viene valutata la prestazione di un tratto di

terra, quando questo è utilizzato per fini specifici”. Un’ altra definizione (Van Diepen *et al.*, 1991), chiama direttamente in causa l’esistenza di diversi usi possibili, definendo la valutazione delle terre come l’insieme di “tutti i metodi per spiegare o predire l’uso potenziale delle terre”. Secondo Dent & Young (1981), infatti, lo scopo fondamentale della valutazione delle terre è quello di prevedere le conseguenze di un cambiamento. Il processo di valutazione comprende “l’esecuzione e l’interpretazione dei rilevamenti e degli studi sulle forme, sui suoli, sulla vegetazione, sul clima e sugli altri aspetti del territorio utili a identificare e comparare i tipi di utilizzazione più promettenti per gli obiettivi della valutazione” (Calzolari *et al.* 2006).

La FAO (1984) raggruppa gli usi forestali sostenibili, a scopo di *Land Evaluation* in quattro grandi gruppi:

- per la crescita,
- per la gestione;
- per la conservazione;
- per la ricreazione

La *Land Evaluation* si divide in due tipologie fondamentali di approcci: la *Land Capability Classification* e la *Land Suitability Classification*.

La Valutazione di Capacità delle Terre “*Land Capability Classification*”, è un’ approccio tramite il quale ogni porzione di superficie di un determinato territorio, viene esaminata per accertarne la sua compatibilità verso ampi raggruppamenti di usi sostenibili (Giordano, 2006). La *Land Capability Classification* consente, in funzione del livello e del tipo di limitazioni, di eseguire una prima discriminazione tra le aree in cui è possibile realizzare ad esempio impianti per arboricoltura da legno e quelle da recuperare al bosco mediante rimboschimenti. La capacità d’ uso dei suoli dipende sia dalle caratteristiche fisico-chimiche dei suoli che dalle caratteristiche climatiche e topografiche di un territorio, che condizionano direttamente la possibilità di un determinato uso (es. limitazioni nella scelta delle colture, nella meccanizzazione, ecc.) o rendono il territorio vulnerabile ai processi di degradazione (es. erosione) (Dimase e Iovino, 1988).

Si riportano altri esempi di *Land Capability* per scopi forestali: la *Land Capability* dell’ USDA (Klingebiel & Montgomery, 1961), quella del Ministero dell’ Ambiente Canadese (1972) e la Capacità delle Terre per la Forestazione in Gran Bretagna.

La Valutazione dell’ attitudine delle Terre ad un determinato uso “*Land Suitability Classification*”, secondo la FAO (1984) si basa sul confronto fra i tipi di usi alternativi delle



terre ed i tipi di terre (Giordano, 2002). Le finalità della *Land Suitability*, sono orientate verso la definizione delle caratteristiche e qualità delle terre e dei suoli determinanti per la riuscita di determinate specie vegetali e sono quelle tipiche dell'attitudine delle terre ad un uso specifico (*land suitability to specific use*). Tra i diversi esempi di attitudine delle terre per scopi forestali, si citano Backer & Broadfoot (1979), Sindou & Madesclaire (1986), Becker e Levy (1988) e Giordano *et al.*, (1988).

La letteratura scientifica, pur fornendo numerose sintesi sulle esigenze climatiche ed edafiche delle specie forestali, risente tuttavia di un grado di generalizzazione, che talora non pare adattarsi alle diverse situazioni locali; tali generalizzazioni sono, infatti, legate al concetto di ortotipo; mentre, soprattutto al limite del loro areale, le specie forestali, potendo avere ampi margini di adattamento, mal si adattano al concetto di ortotipo (Giordano, 2006). Esempi ben noti sono quelli legati alla presenza del faggio e dell'abete bianco in ambienti che non dovrebbero corrispondere al loro areale se non per condizioni climatiche e geomorfologiche relativamente umide.

Il Servizio Forestale degli Stati Uniti riconoscendo tale difficoltà in particolari contesti pedoclimatici, dovuta all'impossibilità di identificare una condizione da "ortotipo", valuta l'attitudine delle terre per le specie forestali, riferendola a precise unità cartografiche, a cui viene fatto corrispondere un certo numero di specie forestali, scelte tra quelle esistenti o appartenenti alla vegetazione potenziale e ad ogni specie corrisponde una valutazione che si basa su tre classi: desiderabile, accettabile e meno desiderabile, tali unità cartografiche prendono il nome di *land types* o *land units* (Smalley 1982; 1991; Booth & Saunders 1985). Per un maggior dettaglio è previsto il ricorso a livello di stazione, ovvero di *Site* (Barnes *et al.*, 1982; Steele *et al.*, 1983). I giudizi di tipo qualitativo su cui si basano i *land types* vengono formulati sulla base di un metodo analitico: il *Site Index*, che secondo gli approcci classici rinvenibili in letteratura, viene definito, come l'altezza raggiunta dalle piante dominanti ad una età di riferimento. Nel prossimo paragrafo verranno approfonditi il significato e gli approcci di tale metodo. Esposte brevemente le varie metodologie di Valutazione delle Terre per scopi forestali, si passerà ad una rassegna sul *Site Index*, la metodologia utilizzata in questo lavoro, per analizzare la fertilità delle tre formazioni forestali oggetto di studio in questa tesi.

## 6. Metodi di Valutazione della Fertilità Forestale basati sul *Site Index*

Nella letteratura italiana ed internazionale classica, ci si riferisce alla fertilità forestale in termini di *Site Index*, definito come l'altezza raggiunta dagli alberi ad una certa età (Giordano 2002). Pritchett & Fisher (1987) definiscono la produttività in termini corrispondenti a quelli della fertilità: "la produttività è un potenziale fisso, una proprietà inerente alla stazione, che integra gli effetti di suolo e clima".

I metodi per valutare la produttività delle terre forestali si suddividono in due grandi gruppi:

- diretti, che utilizzano come indice di fertilità la crescita delle piante, in un determinato ambiente, come il *Site Index*;
- indiretti, che partono dalla valutazione dei parametri ambientali.

Ralston (1967) osserva che il modo migliore di valutare la fertilità forestale sarebbe quello di procedere secondo un doppio approccio: da un lato la determinazione delle caratteristiche della stazione e dall'altro la misura degli alberi.

Per la conoscenza dei diversi ecosistemi, il metodo della produttività biologica è quello rigorosamente scientifico. Mentre, per la maggior parte degli scopi pratico-applicativi, la produttività riferita alla massa o al volume legnosi prodotti su di una superficie unitaria, può essere considerata un affidabile metodo per valutarla (Giordano 2002).

La migliore espressione della fertilità (o feracità) forestale, secondo Bagnaresi *et al.* (1986) viene rappresentata dalle seguenti metriche:

- l'incremento corrente normale di massa per le formazioni disetanee;
- il valore di cumolazione dell'incremento medio normale di massa totale per le formazioni coetanee.

Va però osservato, che gli incrementi potendo essere antropicamente influenzati, non sempre costituiscono un riferimento esatto e sicuro per esprimere la feracità (Cappelli 1991).

Un altro metodo per valutare la fertilità forestale è il rapporto altezza/età per i boschi coetanei oppure la statura per i boschi disetanei. L'età di riferimento alla quale viene valutata l'altezza o la statura varia secondo gli ambienti e le specie legnose. Questo metodo di espressione della fertilità, denominato anche *Site Index*, è di largo impiego negli USA ed in Canada (Soil Conservation Service, 1975).

Il presupposto scientifico di questo procedimento è quello della legge di Eichorn (1902): "il volume di un popolamento arboreo, indipendentemente dalla sua età e dalle condizioni della stazione, può essere considerato come funzione della sola altezza delle piante", che nella visione allargata si considera l' altezza media del popolamento forestale come *Site Index* (Pardè 1961).

Alcuni degli approcci più moderni di *Site Index* svolti negli ultimi vent' anni, hanno utilizzato diverse metriche della fertilità forestale: l' altezza dominante (Giordano, 2006; Romanyà & Vallejo, 2004; Corona *et al.*, 1998; Fontaine *et al.*, 2006; Afif-Khouri, 2011; Socha *et al.*, 2016; Bueis *et al.*, 2016; Kobal *et al.*, 2011); lavori in cui sono state utilizzate diverse metriche della fertilità forestale (Manetti *et al.*, 2001; Angelini *et al.* 2013; ), le classi di accrescimento medio annuo (Farrelly *et al.*, 2002; Dunbar *et al.*, 2002; Farrelly *et al.* 2011); invece, nei seguenti lavori è stato utilizzato il volume come metrica della fertilità (Osman, 2013; Pretzsch, 2009; Skovsgaard & Vanclay, 2013); infine, in questi lavori è stata utilizzata l' altezza media dei popolamenti forestali esaminati (Bettinger *et al.*, 2010), ottenuta anche da telerilevamento (Waring *et al.* 2006).

Quindi, tra i suddetti articoli i seguenti possono essere riferiti a rimboschimenti prevalentemente di conifere: Giordano, 2006; Romanyà & Vallejo, 2004; Farrelly *et al.*, 2002; Dunbar *et al.*, 2002; Farrelly *et al.* 2011; Bueis *et al.*, 2016; mentre quest' altri a boschi naturali prevalentemente fustaie: Fontaine *et al.*, 2006; Socha *et al.*, 2016; Kobal *et al.*, 2011 e semi-naturali (cedui): Afif-Khouri *et al.*, 2011; Manetti *et al.*, 2001; Angelini *et al.* 2013, che hanno valutato la produttività e la fertilità dei cedui di castagno.

I lavori in letteratura che hanno utilizzato i dati LiDAR per stimare il *Site Index* sono pochi, tra i quali si ritiene doveroso citare: Bock *et al.* 2009 in cui i dati LiDAR relativi altezze superiori dei soprassuoli forestali (99° e 95° percentile) sono state utilizzate per calcolare l' altezza media dominante; Gatzolis (2007) che ha utilizzato i dati LiDAR per calcolare le altezze dominanti di alcune foreste vetuse; Kodani *et al.* (2010), che ha utilizzato come *Site Index*, l' altezza media dei soprassuoli costituiti da rimboschimenti di cipresso; altri lavori in cui sono stati utilizzati i dati LiDAR per ricavare il *Site Index* sono i seguenti: Wulder *et al.*, 2008; Ham, 2013.

In base a quanto esposto in questo paragrafo e come verrà approfondito nei prossimi capitoli, in questo lavoro verranno valutati ed utilizzate due differenti metriche della fertilità forestale, ovvero due *Site Indices* innovativi, il volume legnoso e le altezze medie dei

soprassuoli forestali, stimati mediante LiDAR-ALS con una buona densità di campionamento (5 punti/m<sup>2</sup>).

## **CAPITOLO 2**

### **INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CONOSCENZE PREGRESSE**

## 1. Inquadramento Geografico ed Amministrativo

L' area oggetto di Studio è sita nella porzione centro-occidentale della Provincia di Benevento, nel settore settentrionale del Massiccio del Taburno-Camposauro e presenta un' estensione di circa 4.086,80 ha.

**Figura 1:** Localizzazione geografica in scala regionale e nazionale del Monte Camposauro



Dal punto di vista amministrativo le osservazioni sono state svolte nel settore montano e collinare dei comuni di Vitulano, Solopaca, Torrecuso e Paupisi (Tabella 1); geograficamente l' area è sita lungo il versante nord del Monte Camposauro che degrada verso la Valle Telesina (o Valle del Calore).

**Tabella 1** - Inquadramento amministrativo area di studio

Provincia	Comune	Superficie area di Studio (ha)	Superficie Comunale Totale (ha)	Percentuale sulla superficie comunale
Benevento	Vitulano	2013,39	3570,30	56,39%
Benevento	Solopaca	1554,29	2875,90	54,05%
Benevento	Paupisi	278,98	1576,20	17,70%
Benevento	Torrecuso	154,29	3865,50	3,99%

In particolare sono stati indagati i suoli ed i soprassuoli delle tre formazioni boschive più rappresentative dell' area, ovvero i boschi cedui di castagno, gli orno-ostrieti cedui e le fustaie di faggio.

Il territorio oggetto di studio per circa il 78,17% della sua estensione, ricade all'interno del Parco Regionale del Taburno-Camposauro, istituito con il Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania N° 779, il 6 novembre 2002. I rilievi sperimentali, secondo l'attuale Zonizzazione del Parco sono stati svolti prevalentemente in Area di Riserva Integrale (Zona A - Legge 394/1991), in Area di Riserva Generale orientata (Zona B - Legge 394/1991) e secondariamente in Area di Riserva Controllata (Zona C - Area di Protezione Legge 394/1991). Inoltre, l'area oggetto di studio per circa 3.445,10 ha pari all'84,30% del suo territorio, ricade all'interno della Rete "NATURA 2000", ovvero all'interno del Sito di Importanza Comunitaria "Camposauro" (SIC cod. n. IT8020007 - Direttiva Habitat 92/43/CEE).

**Tabella 2** - Zonizzazione del Parco Regionale (PR) del Taburno-Camposauro all'interno dell'area di studio ai sensi dell'art. 12 (comma 2) Legge quadro sulle aree protette 394/1991

Zonizzazione PR Taburno-Camposauro	Superficie Zona area di Studio (ha)	Percentuale Zona su superficie PR Taburno Camposauro interna all'area di studio	Percentuale Zona sull'area di studio
A	1554,99	48,67%	38,05%
B	1235,17	38,66%	30,22%
C	404,56	12,66%	9,90%
	<b>3194,72</b>		<b>78,17%</b>

Per una visione più dettagliata dell'inquadramento amministrativo dell'area di studio, si rimanda alla TAVOLA 1 - Inquadramento Amministrativo.

## 2. Caratteristiche geologiche dell'area

Il Massiccio del Taburno-Camposauro si presenta come un blocco composto da diverse unità tettoniche, il Camposauro è parte di tale morfostruttura e si presenta come un blocco composto da diverse unità tettoniche.

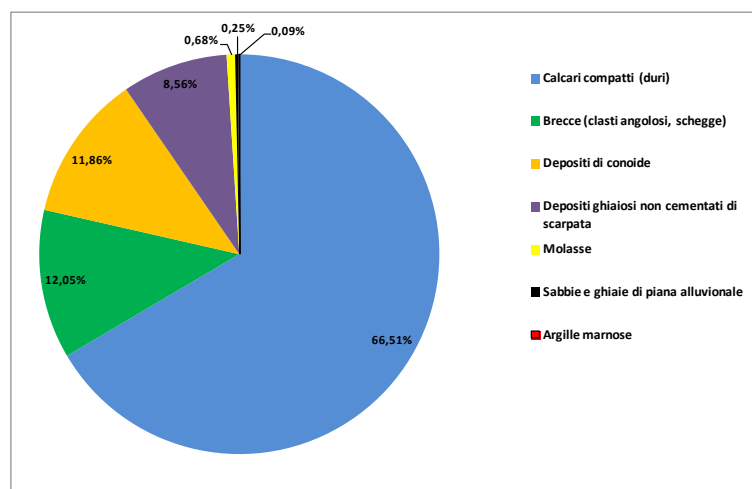
Nella parte di dorsale dell'area studiata, sono distinguibili tre unità ad andamento Est-Ovest limitate da faglie. La prima dorsale è costituita dai Monti S. Angelo-Pizzo del Piano, Monte Rosa, Monte Camposauro, Colle della Noce; la seconda dai rilievi Pizzo Alto, Monte Alto Rotondi e Pizzo Cupone; la terza, infine, è costituita dal Monte Pizzuto e Monte Pentime.

La litologia prevalente dell'area è quella dei calcari e dei calcari dolomitici del Giurassico e del Cretaceo. È ipotizzabile che dopo le fasi tettoniche che hanno portato all'odierna fisionomia della regione, l'instaurazione del nuovo ciclo carsico sia stata alquanto ritardata dalla presenza a tetto, delle litologie mioceniche impermeabili ed abbia subito arresti e

ringiovanimenti al variare delle condizioni climatiche Quaternarie e per la deposizione delle coltri piroclastiche di trasporto eolico.

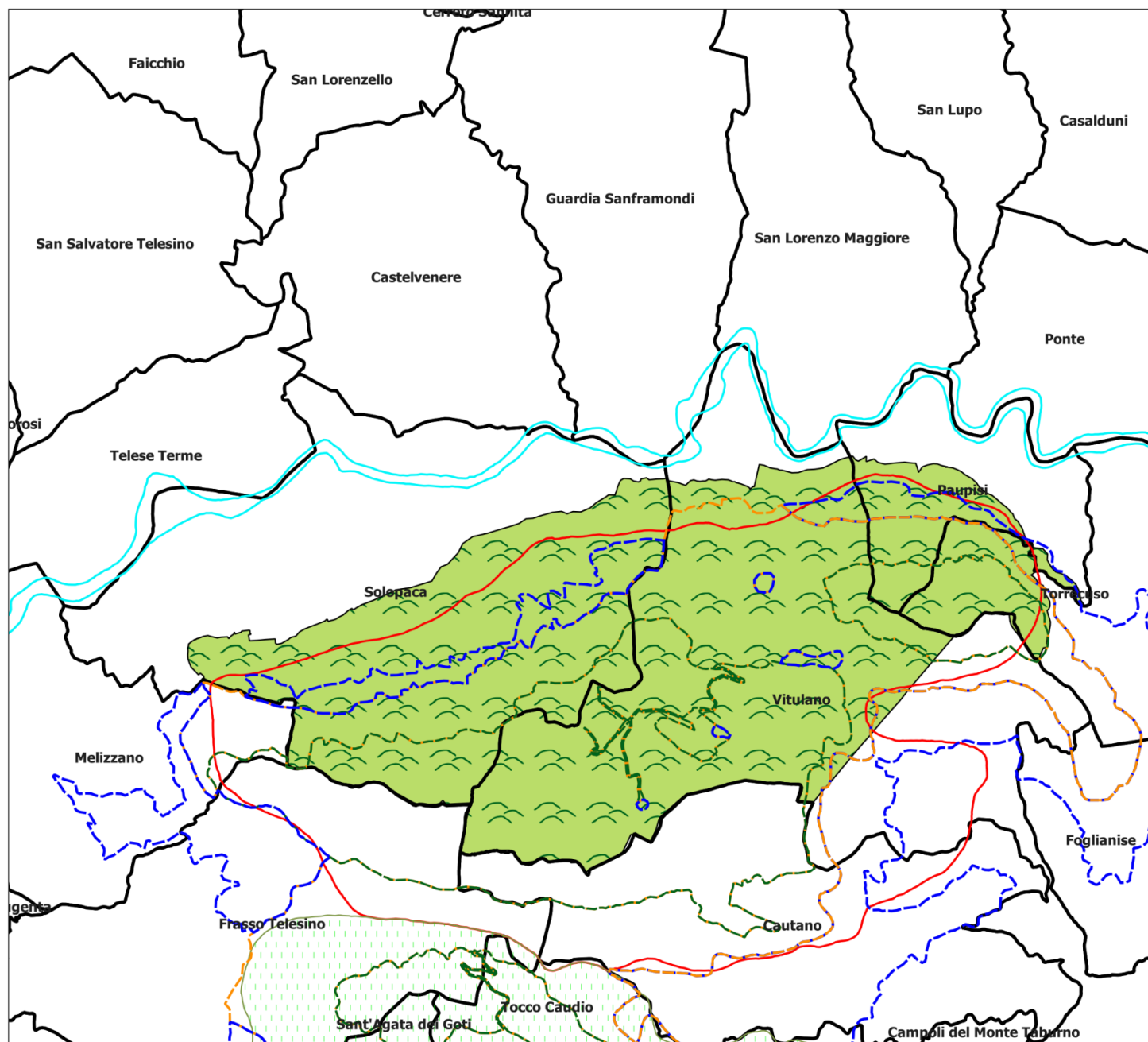
Invece, la fascia pedemontana del massiccio del Camposauro, è caratterizzata prevalentemente da depositi ghiaiosi, che sono in *facies* di conoide alluvionale; essi sono sottoposti a pochi metri di depositi detritico-colluviali di età olocenica costituiti da clasti calcarei e calcareo-dolomitici in matrice di origine vulcanica. La morfologia dominante della fascia detritica pedemontana è costituita dalle breccie cementate ed arrossate del Mindel, dalle conoidi coalescenti del Würm e da detrito di falda recente ed attuale; tale corpo detritico è presente lungo tutto il fronte Nord del massiccio del Camposauro. I depositi di conoide più antichi poggiano su breccie cementate ed arrossate con matrice paleopedogenizzata, in stratificazione concordante con i sottostanti carbonati mesozoici (calcarei e calcari dolomitici), dal cui disfacimento per crioclastismo, avvenuto durante le fasi fredde del Pleistocene, derivano tali breccie. L'età di questi depositi è tuttora incerta, essendo dubitativamente ascrivita al Mindel da Bergomi *et al.* (1975) e al Pleistocene inferiore da Magliulo (2005).

**Grafico 1** - Ripartizione delle caratteristiche geolitologiche dell' area di studio



Per avere una visione più dettagliata delle caratteristiche geologiche e litologiche dell' area di studio si rimanda alla TAVOLA 2 - Carta Geolitologica su base topografica IGMI 1:25.000. I poligoni di tale carta sono stati estratti dalla Carta Geologica della Campania, parte integrante della Cartografia allegata al Piano Territoriale Regionale, (L.R. n. 13 del 13 ottobre 2008), realizzata dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) nel 2008.





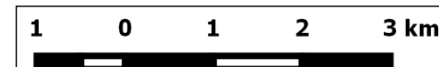
1:75.000

## TAVOLA 1 - Inquadramento Amministrativo



### Legenda

-  Area di studio
-  Limiti comunali
- Siti di Importanza Comunitaria
  -  Camposauro
  -  Fiumi Volturno e Calore Beneventano
  -  Massiccio del Taburno
- Parco Regionale Taburno-Camposauro
  -  Area di Riserva Integrale
  -  Area di Riserva Generale
  -  Area di Riserva Controllata





**TAVOLA 2 - Carta  
Geolitologica su base  
topografica IGMI 1:25.000**

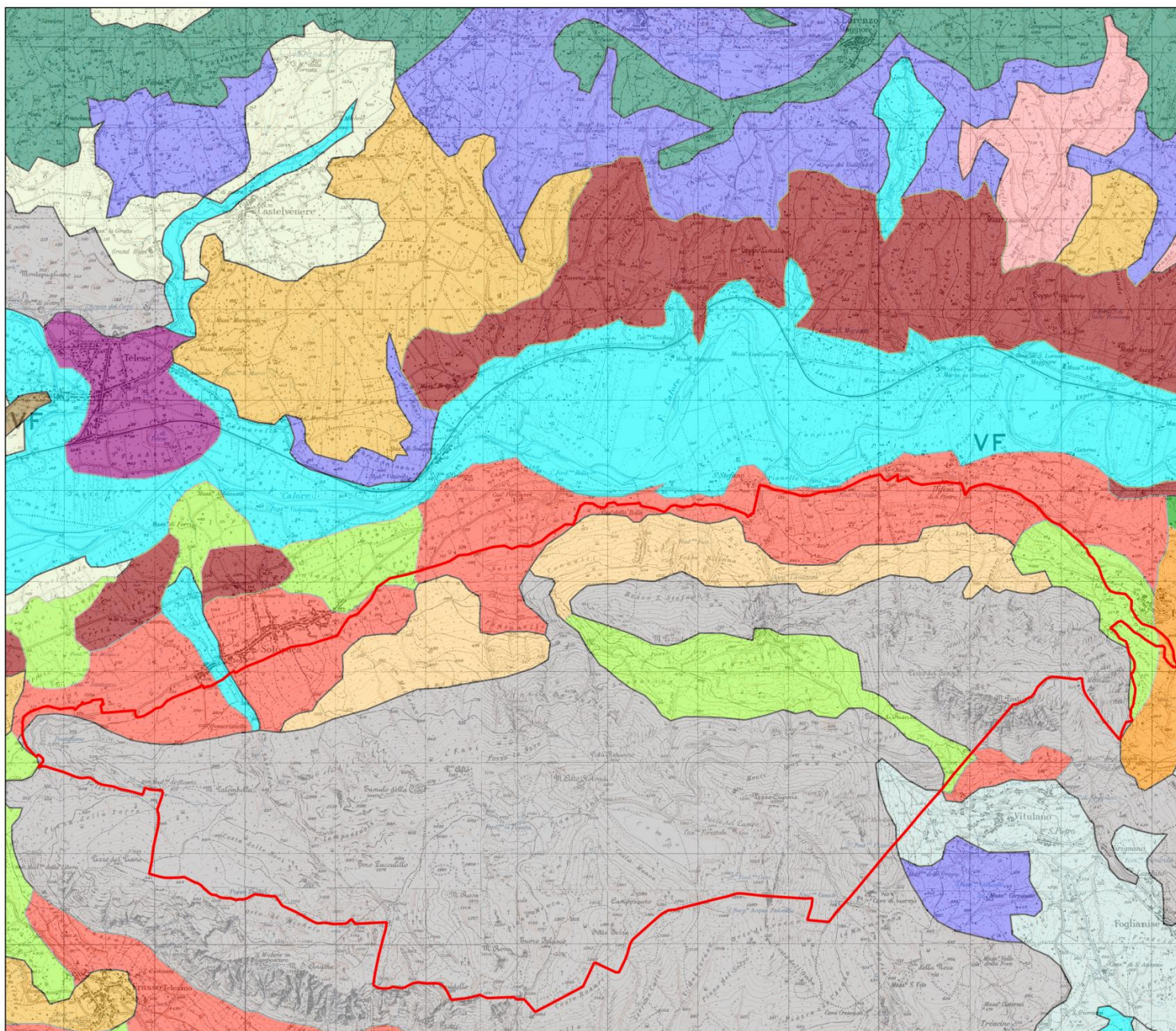


**Legenda**

Area di studio

**Litologia**

- Arenarie quarzitiche/Ortoquarziti
- Argille e limi di terrazzi fluviali
- Breccie (clasti angolosi, schegge)
- Calcareni
- Calcari compatti (duri)
- Calcari marnosi
- Depositi di conoide
- Depositi ghiaiosi non cementati di scarpata
- Ignimbriti
- Marne calcaree
- Molasse
- Sabbie e ghiaie di piana alluvionale
- Sabbie e ghiaie di terrazzi fluviali
- Siltiti
- Travertini
- Argille marnose
- Arenarie argillose



**1:58.000**



### 3. Limiti fisiografici, cenni di morfologia ed idrografia

Il complesso montuoso del Taburno-Camposauro costituisce un massiccio calcareo isolato facente parte dell' Appennino campano.

Dal punto di vista idrografico l' area è sita a sud del Fiume Calore, tutti i torrenti ed i valloni montani che scendono lungo i versanti dell' area oggetto di studio, costituiscono parte del reticolo idrografico che confluisce ed alimenta il fiume in Calore. Tra i principali elementi idrici ricadenti nell' area di interesse sono da menzionarsi: il *Vallone Lampazzuoli*, il *Vallone Matierno*, *Vallone Saricolo*, il *Vallone Velane*, il *Vallone Secco*, il *Vallone Segaturo* ed il *Vallone Pisciarillo* (TAVOLA 2 - Carta Geolitologica su base topografica IGMI 1:25.000).

I limiti fisiografici che definiscono l' area oggetto di studio, utilizzando i toponimi dell' IGMI 1:25.000 (TAVOLA 2), sono rappresentati secondo quanto segue:

- Nord: Base del versante nord del Massiccio del Camposauro, che fa da raccordo e sovrasta la pianura intermontana del Calore.
- Est: Procedendo in direzione sud-ovest, strada comunale - limite comunale tra Torrecuso e Paupisi - Base del Versante del *Monte S. Menato* (934 m slm) - Limite comunale tra Vitulano e Torrecuso - versante che degrada da *Monte Pettime* (1.168 m slm) alla Località "*La Marmorea*" (789 m slm).
- Sud: procedendo da est verso ovest, limite comunale tra Vitulano e Cautano - dorsale costituita dal *Monte Camposauro* (1.390 m), *Sette serre* (1361 m slm) *Monte Rosa* (1.270 m slm), *Monte Gaudello* (1.226 m slm) - Limite comunale tra Frasso Telesino e Vitulano - Pianoro sommitale e Limite comunale tra Solopaca e Frasso Telesino - Vallone che sancisce il confine tra Melizzano e Solopaca ed arriva fino al santuario della *Madonna di Roseto* (608 m slm)
- Ovest: scendendo lungo il versante che sovrasta il centro abitato di Solopaca, a partire dalla Madonna di Roseto, abbiamo il *Vallone Velane* che sancisce anche il limite comunale tra Melizzano e Solopaca, fino all' intersezione con la Strada Provinciale n° 21

L' area oggetto di studio presenta quote comprese tra 90 e 1390 m slm e un' altitudine mediamente pari a circa 735 m slm. Per la configurazione topografica e geomorfologia esposta all' inizio del paragrafo, le quote superiori si registrano nella porzione sud e quelle inferiori nella sua parte nord (Figura 2). Le pendenze nell' area in questione sono sostenute, mediamente pari a circa il 26%, con massimi che superano l' 80% ed aree in piano (0% di pendenza), site all' interno dei pianori carsici montani (Figura 4). La porzione del Camposauro alle quote più elevate ed a pendenza minore, risulta completamente esposta all' azione dissolutrice delle acque, ha subito una fase di carsificazione molto antica poi sepolta



(*paleokarst*) ed una recente; quest' ultima non sembra essersi molto approfondita e non mostra una grande quantità di forme subaeree; essa è, comunque in una fase giovanile del ciclo.

Il versante nord che degrada verso la Valle Telesina e che delimita il Rilievo del Camposauro, si presenta come un versante di faglia impostato in calcari e calcari dolomitici, modellato a “faccette triangolari”, con pendenze elevate. Alla sommità di tale versante, si osservano superfici a debole pendenza, lembi relitti di un esteso paesaggio erosionale (Paleosuperficie *Auct.*), di età compresa tra il Miocene superiore e il Pleistocene inferiore (Amato e Cinque, 1999). Accanto a tali superfici, sono presenti alcune conche tettono-carsiche (*polje*), a fondo piatto e bordate da versanti e scarpate di faglia; di tali *polje*, “il *Campo*” rappresenta l' esempio più significativo. Il fondo di tali depressioni è reso pressoché impermeabile dall'accumulo di prodotti piroclastici argillificati e di residui derivanti dalla dissoluzione carsica dei calcari; conseguentemente, durante la stagione piovosa, esse divengono sede di specchi d'acqua effimeri e poco profondi (Foto 1).

**Foto 1** - Foto scattata in Località "*Campo*" del Comune di Vitulano (BN) durante il mese di novembre 2015, campo carsico allagato a causa delle abbonanti piogge autunnali

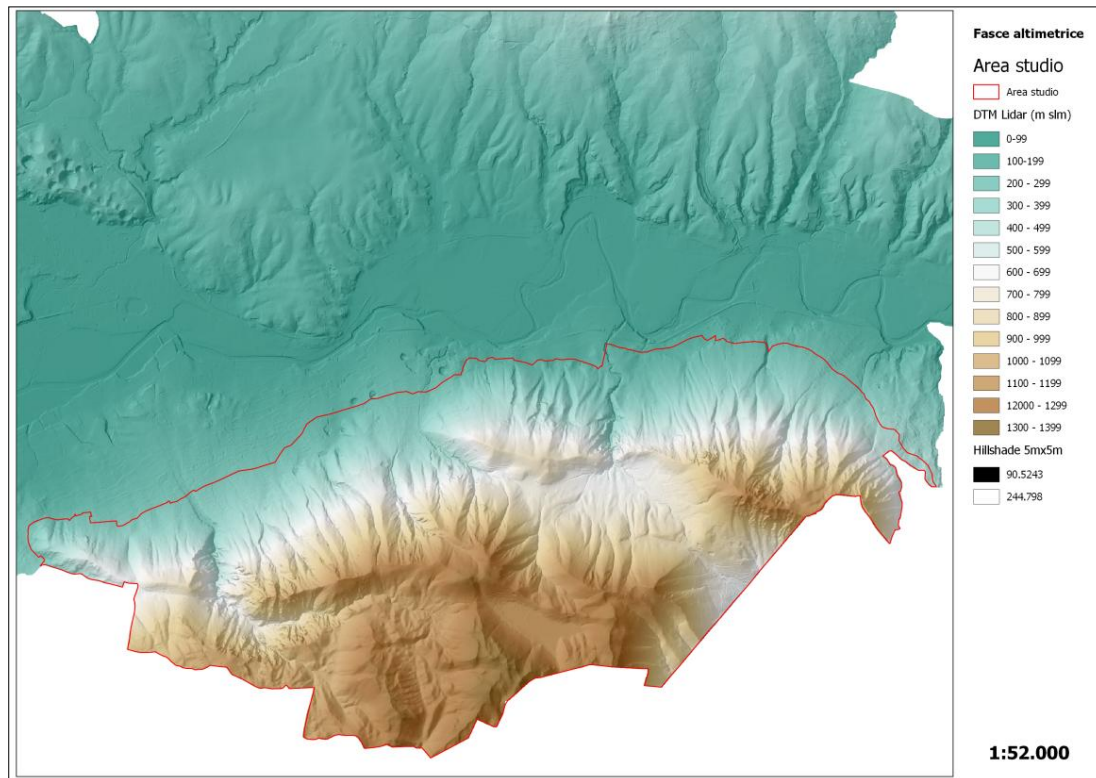


La falda pedemontana descritta nel paragrafo precedente, presenta fasce di pendenza diverse, che rispecchiano principalmente il tipo di deposito detritico ed il suo grado di cementazione. Interessante è la zona centrale dell' intero fronte detritico: essa risulta irregolare, acclive, e caratterizzata da fenomeni pseudo-carsici con sprofondamenti doliniformi (doline subdetritiche), che si aprono nella formazione delle breccie, interessando anche i soprastanti depositi di conoide.

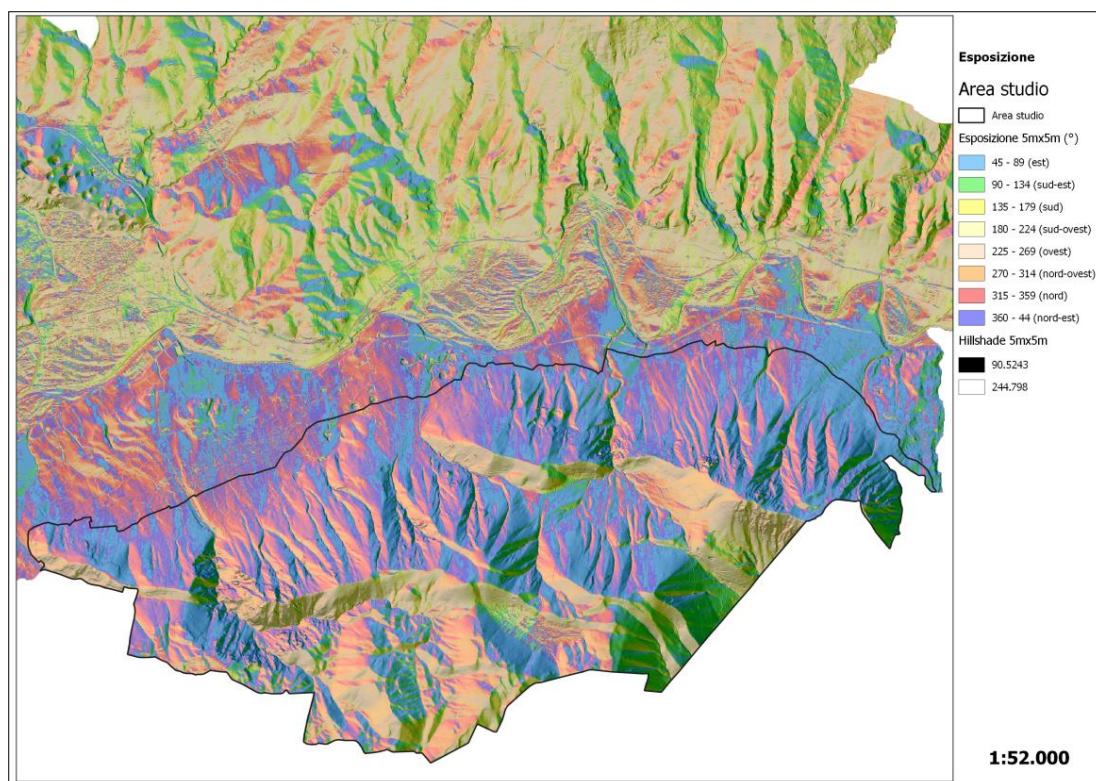
Alla base dei versanti di faglia sono presenti tre generazioni di conoidi alluvionali coalescenti ed incastrate, di età compresa tra il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore (Magliulo, 2005), che costituiscono una falda detritica pedemontana, che a sua volta si estende senza

soluzione di continuità. In sinistra orografica del Fiume Calore, i terrazzi fluviali più antichi (I, II e III ordine) sono assenti, probabilmente perché sepolti al di sotto della coltre detritica pedemontana del Massiccio del Camposauro.

**Figura 2** - DTM ed Hillshade dell' area studio prodotti da volo LiDAR, con una densità pari a 5 punti/m<sup>2</sup>

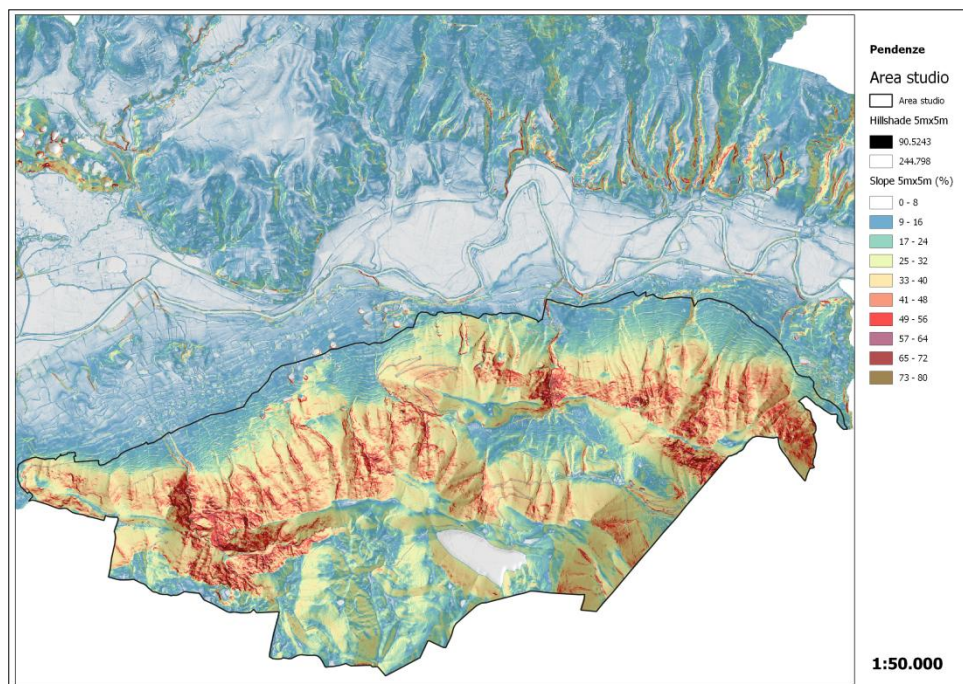


**Figura 3** - Esposizioni ed Hillshade dell' area studio prodotti da volo Lidar, con una densità pari a 5 punti/m<sup>2</sup>





**Figura 4** - Pendenze ed Hillshade dell' area studio prodotti da volo Lidar, con una densità pari a 5 punti/m<sup>2</sup>



L' attuale assetto geomorfologico della Valle Telesina risulta fortemente condizionato dall' intensa e prolungata azione di diversi processi morfodinamici. L' elevata instabilità geomorfologica dell'area va imputata all' attuale e marcato approfondimento del reticolo idrografico (Foto 2) e appare favorita dalle caratteristiche litotecniche del substrato. I versanti dell' area in questione, sono interessati da diffusi fenomeni franosi, di varie dimensioni e profondità, da movimenti lenti del regolite (*soil creep*, soliflusso) e da intensi processi di dilavamento areale (*sheet* e *rill erosion*) e lineare (*gully erosion*), che agiscono principalmente sulla coltre pedologica. Si ricordano i recenti eventi franosi dello scorso autunno (2015) e si riportano le foto per spiegare al meglio l' entità di tali eventi.

**Foto 2** - Allargamento del letto del Torrente montano in Località "*Valle Oscura*" (Vitulano), con i detriti che hanno coperto il suolo di un castagneto da frutto (data: 17/11/2015)



**Foto 3 -** Movimenti franosi nella zona pedemontana del Comune di Vitulano (Foto scattata alla Località "*Connutti*" in data: 13/11/2015)



#### **4. Caratteristiche climatiche dell' area**

L' area oggetto di studio è caratterizzata da un ampio range altimetrico pari a circa 1.300 m, compreso tra i 90 m slm, raggiunti in Località "*Chiesa dei Pagani*" del Comune di Paupisi ed i 1390 m slm del Camposauro; invece, le osservazioni sperimentali sono state svolte in siti aventi un' altitudine compresa tra 250 m slm e 1330 m slm. L' area oggetto di studio presenta condizioni climatiche abbastanza differenti, facendo riferimento alla classificazione di Koppen e di De Martonne, con le integrazioni di De Philippis (1937), il clima delle zone più collinari e vallive, è ascrivibile al gruppo dei climi temperato-caldi, varietà con inverno mite, estate calda e siccitosa; mentre, le zone più in quota, fino a quelle marcatamente montane, sono caratterizzate da un clima temperato-freddo, con inverno freddo o fresco, varietà con estate fresca e piuttosto siccitosa.

Le precipitazioni sono distribuite soprattutto nel periodo autunno-invernale, le precipitazioni nevose sono frequenti ed alle quote superiori il manto nevoso, che ricopre il suolo, può perdurare anche diversi mesi. Per la conformazione orografica del comprensorio in questione, che entro breve distanza dalla fascia basale pedemontana, si innalza verso i rilievi più alti, risultano marcate in senso altimetrico le variazioni di temperatura.

All' interno dell' area di studio non sono presenti stazioni meteo. Ai fini della caratterizzazione climatica dell' area in esame, si è fatto riferimento alle serie storiche dei valori medi mensili, termici e pluviometrici, rilevati dalle stazioni meteorologiche intorno all' area, registrati dal Servizio Idrografico del Genio Civile e dal Centro Agrometeorologico Regionale della Campania.

In particolare verranno prese in considerazione le vicine stazioni meteo di Vitulano, quest'ultima gestita dal suddetto Servizio Idrografico posta a 437 m slm, tramite la quale sono stati registrati solo i dati pluviometrici e la stazione della Regione Campania di Solopaca sita a 170 m slm, che ha misurato anche i dati termici; inoltre, poiché non vi sono stazioni termiche vicine e che presentano condizioni orografiche simili all'area in questione, verranno presi in considerazione anche i dati termo-pluviometrici reperiti della stazione meteo del Servizio Idrografico di Santa Croce del Sannio (BN), che è sita ad una quota di 724 m slm, la quale si presenta come la stazione meteo montana con sensore termico, più vicina all'area di interesse e con altitudine prossima a quella media dell'area in questione (735 m slm).

I dati climatici utilizzati in questo studio, derivano dalle Note illustrative della Carta dei Suoli della Valle Telesina (Terribile *et al.*, 2009) e sono stati sottoposti ad uno studio minuzioso al fine di ottenere un *data set* temporalmente omogeneo attraverso il quale sarà possibile comprendere l'andamento climatico dell'area di studio. Tale analisi ha portato, con l'ausilio di modelli di regressione lineare semplice per la ricostruzione dei dati mancanti, all'ottenimento di serie storiche uniformi relative alle stazioni pluviometriche dal 1951 al 1990 e per quanto concerne le stazioni termometriche dal 1970 al 1990.

#### **4.1 Le precipitazioni**

In base ai dati relativi alla stazione pluviometrica del Servizio Idrografico del Genio Civile di Vitulano, le precipitazioni medie annue sono pari a 1.096,4 mm, i valori più elevati si registrano nel mese di dicembre, pari a 150,7 mm e il mese più secco è risultato luglio, mediamente 34,7 mm.

La stazione pluviometrica del Servizio Idrografico di Santa Croce del Sannio, ha rilevato che le precipitazioni medie annue sono pari a 914 mm, il mese più piovoso è risultato dicembre con 126 mm ed il mese più secco luglio, con le precipitazioni mediamente pari a 29,3 mm.

Infine, secondo i dati rilevati dalla stazione pluviometrica di Solopaca, ovvero quella posta meno in quota, le precipitazioni medie annue sono risultate pari a 966,4 mm, gli apporti pluviometrici più elevati si sono registrati nel mese di dicembre, pari a 134,3 mm ed il mese più secco è risultato sempre luglio, mediamente con 23 mm.

La stazione pluviometrica più piovosa è risultata quella di Vitulano e quella meno piovosa quella di Santa Croce del Sannio anche se è quella sita più in quota. Ciò è dovuto alla maggiore vicinanza delle Stazioni di Vitulano e Solopaca alle zone montuose interne; quindi



la stazione di Santa Croce del Sannio tende ad allontanarsi dai presumibili eventi piovosi tipici della zone montane di interesse.

Le precipitazioni in ciascuna delle stazioni indagate seguono la distribuzione tipica del clima mediterraneo; infatti, sono concentrate, prevalentemente nel periodo autunno-invernale, da novembre a gennaio ed i minimi vengono raggiunti nei mesi estivi di luglio e agosto.

**Tabella 3** - Valori pluviometrici medi annui e dei mesi più e meno piovosi rilevati dalla stazioni termo-pluviometriche del Servizio Idrografico (Genio Civile) di Vitulano (BN) e Santa Croce del Sannio (BN) e dalla stazione termo-pluviometrica del Centro Agrometeorologico (Regione Campania) di Solopaca (BN), con serie storiche di 39 anni dal 1951 al 1990

Stazione meteo	Precipitazioni medie annue (mm)	Deviazione standard	Coeff. di variazione	Mese più piovoso	Precip. mese più piovoso (mm)	Mese meno piovoso	Precip. mese meno piovoso (mm)
S.Croce del Sannio	914,0	200,3	22,5	Dic.	127	Luglio	23,0
Solopaca	966,4	323,8	33,5	Dic.	134,3	Luglio	29,6
Vitulano	1.096,40	265,6	24,2	Dic.	150,7	Luglio	34,7

**Tabella 4** - Valori pluviometrici medi mensili e medio annuale stazione termo-pluviometrica Santa Croce del Sannio

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media annua
95	96	76	68	58	49	23	33	66	106	117	127	<b>914,0</b>

## 4.2 Le Temperature

Per quanto riguarda i valori delle temperature bisogna fare riferimento solo alle stazioni di Solopaca e a quella di Santa Croce del Sannio.

In base alle registrazioni effettuate dalla stazione di Santa croce del Sannio si ha che la temperatura media annua è risultata pari a 11,8 °C, il mese più freddo è risultato gennaio, mediamente 3,9 °C ed il mese più caldo luglio con una temperatura media di 21,2 °C, la temperatura massima media annua è di 15,7 °C, quella minima media annua è pari a 7,8 °C.

Invece, per la stazione di Solopaca la temperatura media annua è pari a 13,7 °C, il mese più freddo è risultato gennaio, con una temperatura media mensile di 6,0 °C e il mese più caldo luglio, mediamente con una temperatura di 23,1 °C, la temperatura massima media annua è pari a 18,3 °C, quella minima a 9,2 °C.

**Tabella 5** - Valori terminici medi annui e dei mesi più caldi e più freddi rilevati dalla stazioni termo-pluviometrica del Servizio Idrografico (Genio Civile) di Santa Croce del Sannio (BN) e dalla stazione termo-pluviometrica del Centro Agrometeorologico (Regione Campania) di Solopaca (BN), con serie storiche di 20 anni dal 1970 al 1990

		<b>S. Croce del Sannio</b>	<b>Solopaca</b>
<b>Temperatura annua</b>	Max	15,7	18,3
	Min	7,8	9,2
	Media	11,8	13,7
<b>Deviazione standard temperature</b>	Max	0,7	1,1
	Min	0,5	0,8
	Media	0,5	0,8
<b>Mese</b>	più caldo	luglio	luglio
	°C	21,2	23,1
	più freddo	gennaio	gennaio
	°C	3,9	6

**Tabella 6** - Valori termici medi mensili e medio annuale, stazione termo-pluviometrica di Santa Croce del Sannio

<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>Media annua</b>
3,9	4,2	6,3	9,2	14	17,7	21,2	21	17,8	12,9	7,7	5	11,8

**Tabella 7** - Valori termici medi mensili e medio annuale, stazione termo-pluviometrica di Solopaca

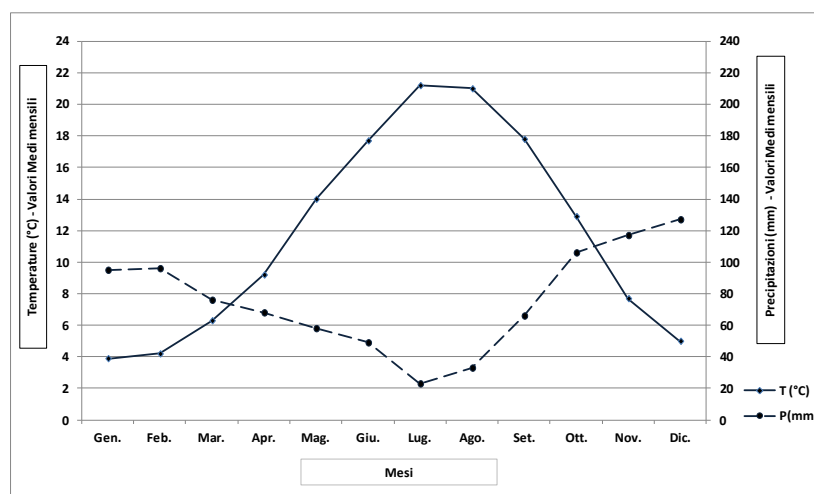
<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>Media annua</b>
6	6,5	8,7	11,3	16	19,7	23,1	22,9	19,7	14,7	9,4	6,8	13,7

Nelle stazioni analizzate le temperature medie mensili non scendono mai sotto lo zero; il valore minimo è stato registrato nella stazione di S. Croce del Sannio (3,9 °C a gennaio) mentre il valore massimo è stato misurato dalla stazione di Solopaca (23,1 °C a luglio). Valori minimi di temperatura inferiori a 0°C si verificano nei mesi invernali con buona frequenza e solo raramente queste minime possono verificarsi durante i mesi primaverili, quando a ripresa vegetativa avviata, possono risultare molto pericolosi per la vegetazione.

### 4.3 Diagrammi climatici

I diagrammi climatici analizzano contemporaneamente il regime delle precipitazioni e l'andamento delle temperature, dai dati delle precipitazioni e delle temperature medie mensili, relativi dalla stazione termo-pluviometriche di Santa Croce del Sannio, è stato ricavato il diagramma ombro-termico di Bagnouls e Gaussen (Grafico 2), che permette di valutare il "periodo di siccità" o "deficit idrico", che ha inizio quando la curva delle precipitazioni scende al di sotto della curva delle temperature e termina quando l'andamento si inverte, ovvero quando la curva delle precipitazioni si pone sopra quella delle temperature, periodo definito come: “surplus idrico”.

**Grafico 2** - Diagramma termopluviometrico di *Bagnouls-Gaussen*, relativo alla stazione termo-pluviometrica di Santa Croce del Sannio (BN)



Esaminando il diagramma in questione, si può rilevare come il periodo di “deficit” idrico risulti alquanto prolungato nel corso dell’ anno, con durata di circa sette mesi e mezzo, iniziando già a fine marzo e terminando a fine ottobre. I periodi più secchi dell' anno si osservano quando la curva delle piogge, crea un flesso e raggiunge le massime distanze dalla sovrastante curva delle temperature. Tale periodo secco è compreso tra maggio e settembre. Per quanto concerne la durata dei periodi di “surplus” idrico, quando la curva delle precipitazioni sovrasta quella delle temperature, si può osservare che le massime distanze tra le due curve, si raggiungono nei mesi autunnali ed invernali, ovvero nel periodo compreso tra novembre e febbraio. Alla luce di tale analisi, si può osservare, che il bilancio idrico medio annuo è tendenzialmente in perdita rispetto alla quantità di precipitazioni incidenti annualmente sul territorio in esame.

Poiché nell' area di studio non vi sono stazioni che determinano l'evapotraspirazione, data la sua importanza ai fini del calcolo del bilancio idrico dei suoli, si è proceduto al calcolo analitico attraverso l'equazione di Hargreaves (Hargreaves *et al.*, 1985):

$$Eto = 0.0023 \cdot Ra \cdot TD^{\frac{1}{2}} \cdot (T + 17.8)$$

Dove:

Eto= evapotraspirazione potenziale

Ra= radiazione extraterrestre

TD= differenza tra temperatura massima e minima

T= temperatura media

**Tabella 8** - Valori dell' Evapotraspirazione potenziale relativi alle stazioni termo-pluviometrica del Servizio Idrografico (Genio Civile) di Santa Croce del Sannio (BN) ed alla stazione termo-pluviometrica del Centro Agrometeorologico (Regione Campania) di Solopaca (BN)

Stazione meteo	Evapotraspirazione potenziale (Eto)					
	Valore annuo	Eto max		Eto min		Deviazione standard annua
		Mese	mm	Mese	mm	
S. Croce del Sannio	879,4	Lug.	150,6	Dic.	20,2	45
Solopaca	1.021,40	Lug.	176,5	Dic.	23	53,1

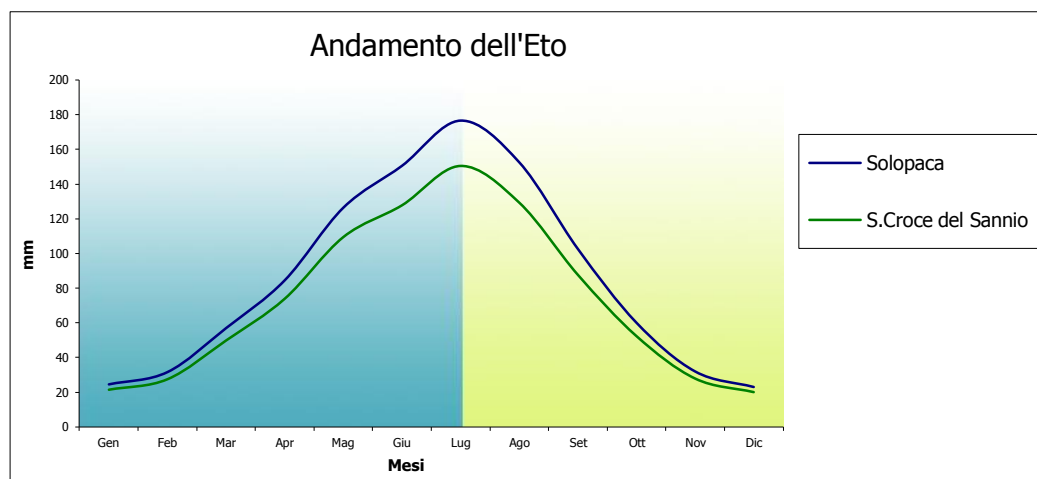
Invece, confrontando i valori dell' Evapotraspirazione potenziale media annua, con quelli delle precipitazioni medie annue (grafico 3), il bilancio idrico della Stazione di Santa Croce del Sannio sembra leggermente in guadagno (+ 34,6 mm), a fronte di un' Eto pari a 879,4 mm e precipitazioni medie annue pari a 914 mm.

Mentre, per quanto riguarda il bilancio tra l' Evapotraspirazione potenziale media annua e le precipitazioni medie annue della stazione di Solopaca (grafico 3), il bilancio risulta in perdita, pari a - 55,0 mm, Eto pari a 1.021,40 mm e le precipitazioni medie annue pari a 966,40 mm.

Il Grafico 3 mostra l'andamento dell' Eto delle stazioni termopluviometriche, di Solopaca e S. Croce del Sannio (Note illustrative della Carta dei Suoli della Valle Telesina - Terribile *et al.*, 2009), calcolata secondo l'equazione di Hargreaves. Le curve mostrano una fase crescente

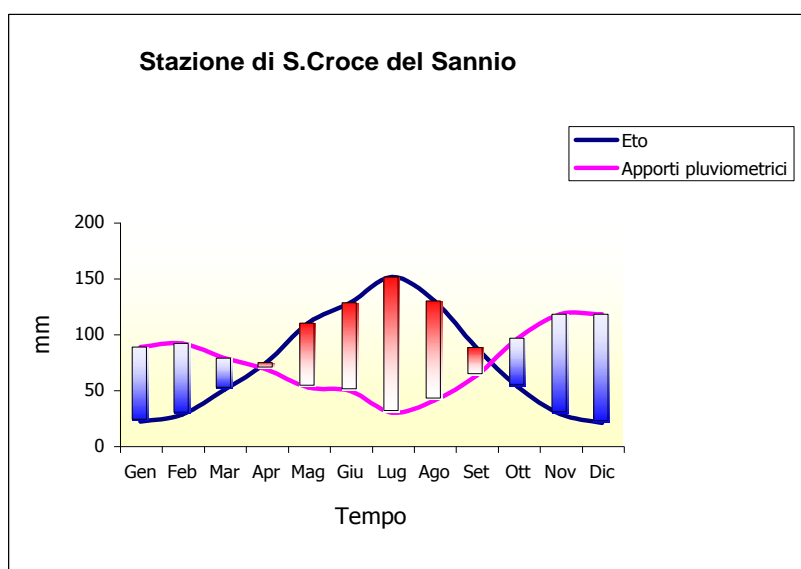
ed una decrescente, il limite tra le due fasi ricade a metà del mese di luglio. La curva di Eto posta più alto è quella di Solopaca mentre quella di Santa Croce del Sannio è la più bassa.

**Grafico 3** - Andamento dell'evapotraspirazione (Eto) relativa alle Stazioni di S. Croce del Sannio e Solopaca (Terribile *et al.*, 2009)



Il grafico successivo confronta l'andamento dell' evapotraspirazione e degli apporti pluviometrici della stazione di S. Croce del Sannio, evidenziando in rosso l'area di deficit pluviometrico ed in blu l'area di surplus pluviometrico.

**Grafico 4** - Diagramma del Bilancio idrologico semplificato relativo alla stazione di S. Croce del Sannio (fonte: Note illustrative della Carta dei Suoli della Valle Telesina (Terribile *et al.*, 2009)



#### **4.4 I Regimi idrici e termici dei suoli**

La caratterizzazione pedoclimatica di un territorio si basa sull'analisi dei dati climatici (temperatura, apporti pluviometrici ed evapotraspirazione) che definiscono i regimi idrici e termici dei suoli. In particolare, il regime idrico dei suoli è influenzato principalmente dagli apporti pluviometrici, dalla richiesta evapotraspirativa dell'atmosfera (ETP) e dalla natura e profondità dei suoli.

Il calcolo dei regimi termici e idrici delle stazioni più rappresentative dell' area di studio è stato eseguito con il modello di simulazione "*Newball simulation model*" (Van Wambeke, 2000).

Tale modello simula, a partire da valori di precipitazione e temperatura, la variazione nel corso dell' anno dello stato di umidità e di temperatura media del suolo, per un contenuto di acqua facilmente disponibile (AWC) pari a 200 mm.

L'elaborazione è stata condotta per il periodo relativo al ventennio 1970 –1990, per le stazioni in cui erano disponibili sia i dati termometrici che pluviometrici.

L'analisi dei regimi idrici e termici dei suoli dell' area, ha messo in evidenza la presenza di due fasce territoriali differenziate:

- la fascia pedemontana e collinare, a quote orientative inferiori ai 600 m s.l.m., caratterizzata da regime idrico "ustico" e regime delle temperature "termico";
- la fascia della media ed alta montagna, al di sopra dei 600 m s.l.m, caratterizzata da regime idrico "udico" e regime delle temperature "mesico".

#### **4.5. Fasce Fitoclimatiche**

Tra clima e vegetazione esiste una stretta relazione tale che, è possibile considerare la seconda come espressione del clima. L'analisi delle condizioni climatiche precedentemente esposte, permette di classificare le stazioni in questione e di attribuirle ad una determinata fascia di vegetazione. La risposta delle piante a determinate condizioni limitanti di temperatura o di rifornimento idrico, richiede di evidenziare tali condizioni, attraverso i valori delle principali variabili climatiche, in cui vengono combinati diversi elementi, tra i quali prevalentemente le temperature e le precipitazioni.

Secondo le classificazioni fitoclimatiche del PAVARI (1916), come accennato nei paragrafi precedenti, il territorio dell' area oggetto di studio, per le grandi variazioni di quota al proprio interno, può essere suddiviso in 3 fasce fitoclimatiche.

Il territorio alle quote inferiori, viene rappresentato dalla stazione termo-pluviometrica di Solopaca e può essere ascritto alla fascia del *Lauretum* sottozona fredda, in quanto la temperatura media annua è compresa tra 12 °C e 17 °C e la temperatura media del mese più freddo è superiore a 3 °C.

Invece, il territorio, rappresentato dalla stazione termo-pluviometrica di Santa Croce del Sannio, può essere ascritto alla fascia del *Castanetum* sottozona calda, in quanto è stata rilevata una temperatura media annua compresa tra 10 °C e 15 °C e la temperatura media del mese più freddo è superiore a 0 °C.

A causa della mancanza di stazioni meteo site a quote superiori ai 1.000 m slm, non è possibile dimostrare analiticamente la presenza della fascia fitoclimatica del *fagetum*. Nella porzione sud dell' area di studio, dove sono siti i rilievi montuosi che superano abbondantemente tali quote (vedi par. 3) e tenendo conto che a partire dai 900-1000 fino alle quote superiori dell' area di studio, la tipologia forestale prevalente risulta essere la faggeta, si presume che anche per il Camposauro come per la maggior parte dell' Appennino meridionale oltre i 1.000 m slm, sia presente la fascia fitoclimatica del *fagetum*. Considerando le quote massime che raggiunge il Camposauro (1.390 m slm) e la presenza delle faggete, prevalentemente termofile ad agrifoglio, oltre i 1.000 m di quota l' area di studio ricade nella fascia fitoclimatica del *Fagetum* sottozona calda, con temperatura media annua compresa tra 7 °C e 10 °C, la temperatura media del mese più freddo è superiore a - 2 °C e la media dei minimi superiore a - 20 °C.

## **5. Caratteristiche paesaggistiche dell' area di studio**

Secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari fino a 700 m di quota domina la fascia fitoclimatica del *Lauretum* sottozona fredda, corrispondente alla fascia meso-mediterranea di Quezel. Nella zona collinare e pedemontana laddove la morfologia è meno accidentata e nelle fasce di colluvio, fino ai 300-350 m slm dominano le colture agrarie, in particolare la coltura dell' olivo. A tali quote si rivengono secondariamente i vigneti, una coltura con maggiori esigenze geopedologiche e climatiche rispetto all' olivo, nella sottostante Valle Telesina la vite risulta la principale coltura agraria e tale Valle si presenta come una delle principali aree a vocazione viticola a livello nazionale. Le altre colture arboree sono marginali e le colture erbacee sono quasi assenti a causa delle pendenze elevate e della morfologia che presenta l' area oggetto di studio. Oltre i 300 m e fino a 700 m, il paesaggio viene dominato dai boschi misti mesoxerofili a prevalenza di carpini e orniello in associazione con querce caducifoglie e

leccio. Secondariamente sono presenti boschi di querce caducifoglie a prevalenza o puri di cerro e/o di roverella e boschi cedui di castagno, la castanicoltura nella zona in questione attualmente risulta poco praticata. Marginalmente, si rinveno soprattutto nel settore occidentale, rimboschimenti di conifere in cui sono stati utilizzati pini mediterranei e douglasia.

Le stazioni caratterizzate da una morfologia più impervia e con suoli sottili, sono caratterizzate dalla presenza degli arbusteti, dalla gariga e macchia mediterranea, spesso fortemente degradata a causa dei frequenti incendi.

Tra i 700-1000 m slm il clima è attribuibile alla fascia fitoclimatica del *Castanetum*, riferibile alla fascia supra-mediterranea di Quezel. In questo range altimetrico il paesaggio dell' area di studio assume connotazioni nettamente forestali, la tipologia forestale dominante risulta essere il bosco misto mesofilo di carpino ed orniello, ma a tali quote, nelle stazioni caratterizzate da maggiore umidità, si associano il frassino meridionale e gli aceri. In quei versanti ove meglio si conserva l' umidità e sicuramente anche per azione antropica, è possibile trovare il castagno in purezza. Alle quote superiori della fascia supra-mediterranea è possibile ritrovare il faggio, che nelle stazioni più umide, esposte a nord e con suoli profondi, nel settore nord-occidentale dell' area in questione scende fino a 850 m.

Oltre i 1.000 mt. slm, il territorio in esame ricade nella fascia fitoclimatica del *Fagetum*, riferibile alla fascia oro-mediterranea di Quezel. Tale fascia altimetrica e fitoclimatica, viene dominata dalle fustaie di faggio ed è dotata di un certo pregio naturalistico e paesaggistico. Infine, nelle zone in quota rivestono una grande importanza anche i pascoli e le praterie montane. In questa zona montana viene ancora praticata in modo diffuso la pastorizia tradizionale e durante il periodo estivo avviene la transumanza (Foto 4).

**Foto 4** - Bovini di razza podolica al pascolo durante i mesi estivi nella faggeta del Camposauro





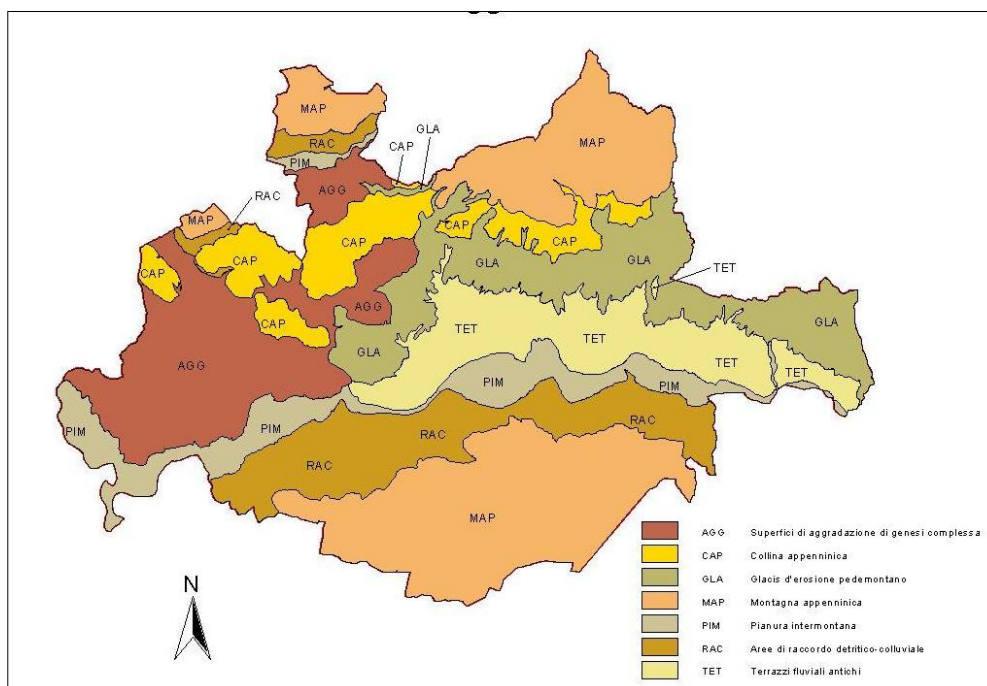
## 6. I suoli del Massiccio del Camposauro

La descrizione pedologica dell' area oggetto di studio verrà effettuata tenendo conto di quanto esposto nelle Note Illustrative della Carta dei Suoli della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009).

L' area di oggetto di studio ricade prevalentemente nel **Sistema di Paesaggio della Montagna appenninica**, la superficie complessiva che rientra in questo sistema è pari a 3.437,31 Ha.ri, corrispondenti al 84,23% dell'area d' interesse. Secondariamente tale area ricade nel **Sistema di Paesaggio della Pianura intermontana** che occupa circa 643,63 Ha.ri corrispondenti al 15,77% della superficie dell' area.

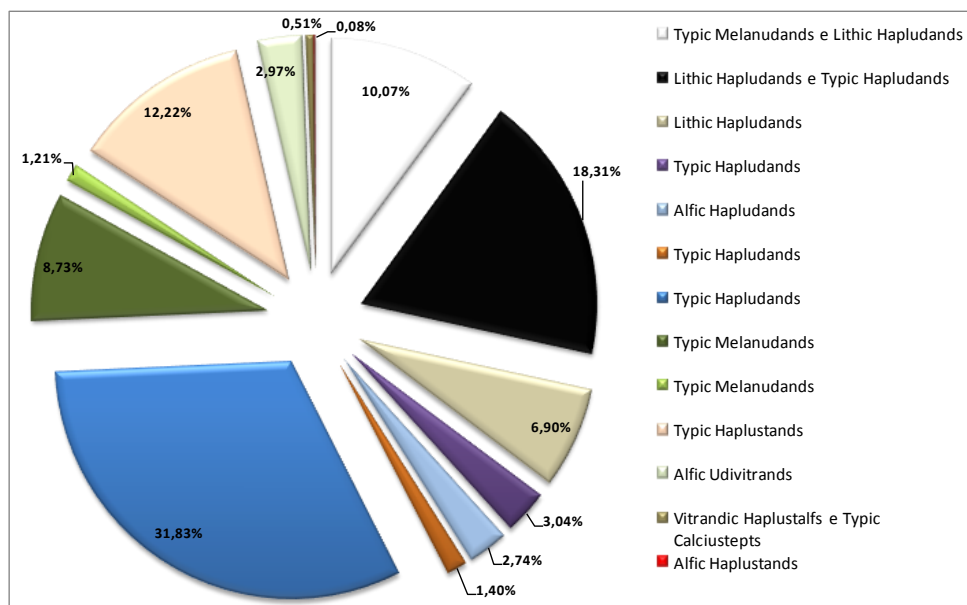
I sistemi di paesaggio sono stati ulteriormente suddivisi in Sottosistemi, caratterizzati da combinazioni di fattori pedogenetici differenziate. L' area oggetto di studio ricade prevalentemente nel **Sottosistema della Montagna appenninica** e secondariamente nel Sottosistema delle **Aree di raccordo detritico-colluviali**. Nell' area oggetto di studio, al Sottosistema della Montagna appenninica corrisponde il Sistema di Paesaggio della Montagna appenninica e al Sottosistema delle Aree di raccordo detritico-colluviali, corrisponde il Sistema di Paesaggio della Pianura intermontana.

**Figura 5** - Carta dei Sottosistemi di paesaggio della Valle Telesina (fonte: Carta dei Suoli della Valle Telesina 1:50.000)



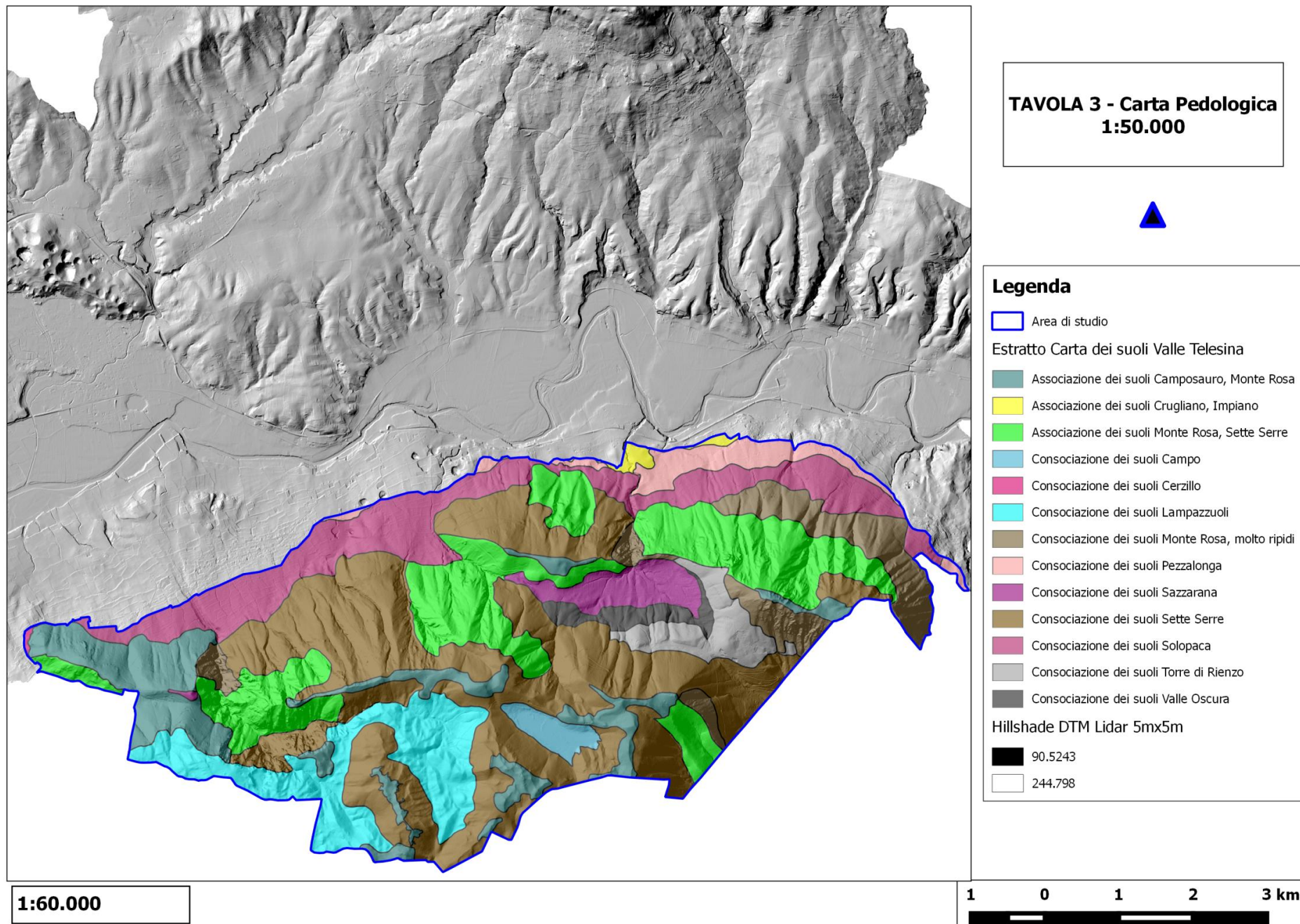
Per avere una visione di dettaglio sui suoli presenti nell' area di studio si rimanda alla TAVOLA 3 - Carta Pedologica 1:50.000.

**Grafico 5** - Rappresentazione sinottica dei suoli presenti nell' area di studio



**Tabella 9** - Sintesi dei suoli presenti nell' area di studio, loro presenza e diffusione

SISTEMA	SOTTOSISTEMA	Unità pedologica	Soil Taxonomy	Superficie Totale occupata nell' area di studio (ha)	Percentuale nel Sottosistema	Percentuale nell' area di Studio
Montagna appenninica	Montagna appenninica	Associazione dei suoli Camposauro e suoli Monte Rosa	Typic Melanudands e Lithic Hapludands	411,08	11,96%	10,07%
		Associazione dei suoli Monte Rosa e suoli Sette Serre	Lithic Hapludands e Typic Hapludands	747,03	21,73%	18,31%
		Consociazione di Monte Rosa, molto ripidi	Lithic Hapludands	281,60	8,19%	6,90%
		Consociazione dei suoli Torre di Rienzo	Typic Hapludands	124,00	3,61%	3,04%
		Consociazione dei suoli Sazzarana	Alfic Hapludands	112,02	3,26%	2,74%
		Consociazione dei suoli Valle Oscura	Typic Hapludands	57,33	1,67%	1,40%
		Consociazione dei suoli Sette Serre	Typic Hapludands	1298,86	37,79%	31,83%
		Consociazione dei Suoli Lampazzuoli	Typic Melanudands	356,20	10,36%	8,73%
		Consociazione dei suoli Campo	Typic Melanudands	49,19	1,43%	1,21%
		TOTALE		3437,31	100,00%	84,23%
Pianura intermontana	Aree di raccordo detritico-colluviali	Consociazione dei suoli Solopaca	Typic Haplustands	498,49	77,45%	12,22%
		Consociazione dei suoli Pezzalonga	Alfic Udivitrands	121,34	18,85%	2,97%
		Associazione dei suoli Crugliano e suoli Impiano	Vitrandic Haplustalfts e Typic Calciustepts	20,64	3,21%	0,51%
		Consociazione dei suoli Cerzillo	Alfic Haplustands	3,16	0,49%	0,08%
		TOTALE		643,63	100,00%	15,77%



### **6.1 I Suoli del Sottosistema della Montagna appenninica**

Il Massiccio del Camposauro risulta, più frequentemente caratterizzato da creste arrotondate, si rinvengono superfici pianeggianti, riconducibili all' azione combinata di tettonica e carsismo (*polje* o "campi tettono-carsici").

A partire dal Pleistocene, sarebbero iniziati, su tutta l'area, cospicui apporti eolici di materiale piroclastico. Tali coltri, pur essendo tuttora diffusamente riconoscibili, in quest' ambiente risultano meglio conservate sul versante con esposizione Nord del massiccio del Camposauro. Infatti, intensi processi erosivi hanno interessato in particolare il sistema delle cime principali e crinali secondari esposti a Sud, che hanno portato ad una pressoché totale asportazione della copertura pedologica e all' affioramento del substrato poco alterabile.

Sui versanti del Camposauro con copertura di faggeta ed esposti a Nord, il regime di umidità dei suoli è spiccatamente "udico". L'assenza di una marcata stagione secca, ha fatto sì, che dai materiali piroclastici, si sviluppassero suoli con caratteristiche andiche molto fortemente espresse, che spesso mostrano un notevole arricchimento in materia organica, complessata con minerali a basso ordine cristallino, derivanti dall' alterazione dei vetri vulcanici.

Nelle aree soggette a maggiore denudazione, si rinvengono suoli sottili, su rocce carbonatiche e poco alterabili, che si sviluppano su materiali derivanti dal disfacimento del substrato stesso o più frequentemente, da depositi da caduta di ceneri.

In generale, i suoli di quest'ambiente hanno profondità estremamente variabile, anche entro brevi distanze, a causa della variabilità dello spessore residuo della coltre piroclastica o della dissoluzione differenziale, per tasche, del substrato calcareo.

#### **6.1.1. Associazione dei suoli Camposauro e suoli Monte Rosa (Unità CPS0-MOR0)**

L'unità occupa i versanti medi e bassi dei rilievi del gruppo del Taburno-Camposauro, su rocce carbonatiche mesozoiche, con esposizione prevalente Nord, a profilo regolare rettilineo, da acclivi a molto acclivi. Le quote sono comprese tra i 200 e i 1.305 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 411 ha, pari al 10,07% dei suoli dell'area d'interesse (Tabella 9).

- Uso forestale prevalente: bosco misto mesofilo, diffuse le aree a vegetazione rada.

Appartengono a questa Associazione:

- **Suoli Camposauro:** Sono moderatamente frequenti e si ritrovano nei ripiani sommitali.

Sono dolcemente ondulati, poco profondi, pietrosi, ma la rocciosità è esigua, quasi assente piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura da moderatamente grossolana a media, da neutri a debolmente acidi e non calcarei. Questi suoli rientrano nei Melanudands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, poco profondi, secondo la *Soil Taxonomy* (Keys 1998).

- **Suoli Monte Rosa:** Sono molto frequenti e si ritrovano nei versanti a profilo rettilineo. Sono ripidi, superficiali, estremamente rocciosi, pietrosi, eccessivamente drenati, con tessitura moderatamente grossolana, ghiaiosi, debolmente alcalini, non calcarei. Questi suoli rientrano negli Hapludands Litici scheletrico mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.2. Associazione dei suoli Monte Rosa e suoli Sette Serre (Unità MOR0-SES0)**

L'unità comprende i versanti medi e bassi, a profilo irregolare, da molto acclivi a estremamente acclivi, con frequenti affioramenti rocciosi. Le quote sono comprese tra i 150 e i 1.150 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 747 ha, pari al 18,31% dei suoli dell'area d'interesse (Tabella 9).

- Uso forestale prevalente: bosco misto mesofilo. Presenti aree a vegetazione rada e oliveti subordinati.

In quest' unità sono presenti le seguenti consociazioni di suoli:

- **Suoli Monte Rosa:** Sono molto frequenti e si ritrovano nei versanti a profilo rettilineo. Sono ripidi, superficiali, estremamente rocciosi, pietrosi, eccessivamente drenati, con tessitura moderatamente grossolana, ghiaiosi, debolmente alcalini, non calcarei. Questi suoli rientrano negli Hapludands Litici scheletrico mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

- **Suoli Sette Serre:** Sono moderatamente frequenti e si ritrovano nei ripiani sommitali. Sono moderatamente ripidi, profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura moderatamente grossolana in superficie, media in profondità, da debolmente a fortemente acidi in superficie, da neutri a debolmente acidi in profondità, non calcarei. Questi suoli

rientrano negli Hapludands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.3 Consociazione di Monte Rosa, molto ripidi (Unità MOR2)**

L'unità comprende i versanti bassi, a profilo regolare rettilineo, fortemente erosi, estremamente acclivi, si rinvengono a quote comprese tra i 275 e i 1.125 m s.l.m. La superficie complessiva di quest' unità è di circa 282 ha, pari al 6,90 % dei suoli dell'area d'interesse (Tabella 9).

- Uso prevalente: boschi di latifoglie, praterie xerofile, oliveti.

Sono suoli superficiali, estremamente rocciosi, pietrosi, eccessivamente drenati, con tessitura moderatamente grossolana, ghiaiosi, debolmente alcalini e non calcarei. Questi suoli rientrano negli Hapludands Litici scheletrico mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.4. Consociazione dei suoli Torre di Rienzo (Unità TOR0)**

L'unità comprende i versanti medi, da acclivi a molto acclivi, con crinali secondari subarrotondati fortemente erosi, si ritrovano tra i 760 e i 900 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 124 ha, pari al 3,04 % dei suoli dell'area d'interesse.

- Uso forestale prevalente: boscaglia a roverella.

Sono suoli da ripidi a molto ripidi, superficiali, pietrosi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura moderatamente grossolana, neutri, da non calcarei a scarsamente calcarei. Questi suoli rientrano negli Hapludands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, poco profondi, secondo la *Soil Taxonomy* (Keys 1998).

#### **6.1.5 Consociazione dei suoli Sazzarana (Unità SAZ0)**

L'unità comprende le aree vallive intramontane, moderatamente ripide, si osserva a quote comprese tra i 600 e i 780 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 112 ha, pari al 2,74% dei suoli dell'area d'interesse.

- Uso agricolo prevalente: prati avvicendati, castagneti da frutto, bosco ceduo di castagno.

I suoli della Consociazione Sazzarana, sono moderatamente ripidi, molto profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura moderatamente grossolana, neutri, non



calcarei. Questi suoli rientrano negli Hapludands Alfici mediali, vetrosi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.6 Consociazione dei suoli Valle Oscura (Unità VA00)**

L'unità comprende i versanti delle valli intramontane su depositi piroclastici antichi, a profilo regolare, concavo, moderatamente acclivi, talora terrazzati. Le quote dell'unità sono comprese tra i 600 e i 730 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 53 ha, pari al 1,40% dei suoli dell'area d'interesse.

- L'uso forestale prevalente è il bosco ceduo di castagno e sono presenti aree con vegetazione rada.

I suoli dell'Unità Valle Oscura sono moderatamente ripidi, molto profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura da media a moderatamente grossolana in superficie, moderatamente fine in profondità, debolmente acidi in superficie, neutri in profondità, non calcarei. Tali suoli rientrano negli Hapludands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.7. Consociazione dei suoli Sette Serre (Unità SES0)**

L'unità comprende i versanti alti, a profilo regolare, da acclivi a molto acclivi dei rilievi carbonatici del Taburno-Camposauro. L'Uso forestale prevalente è il bosco di faggio. Le quote sono comprese tra i 300 e i 1.200 m s.l.m. **I suoli di quest' unità con un' estensione di circa 1.299 ha sono quelli più diffusi nell' area oggetto di studio e rappresentano il 31,83% del totale (Tabella 9).**

Sono da moderatamente ripidi a ripidi, molto profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura da grossolana a moderatamente grossolana in superficie, media in profondità, da debolmente a fortemente acidi in superficie, neutri in profondità, non calcarei. Questi suoli rientrano negli Hapludands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.8. Consociazione dei Suoli Lampazzuoli (Unità LMP0)**

L'unità comprende le aree dei pianori carsici ondulati dei rilievi carbonatici del Taburno-Camposauro. Sono aree sommitali con ondulazioni marcate, regolari. Tali suoli si rinvengono a quote comprese tra gli 820 e i 1.200 m s.l.m. L' uso forestale prevalente è il bosco di faggio, secondariamente sono presenti aree con vegetazione rada. La superficie complessiva di quest' unità è di circa 356 ha, pari all' 8,73% dei suoli dell' area d'interesse.

La giacitura di tali suoli, si presenta da dolcemente ondulata ad ondulata, sono molto profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura da grossolana a moderatamente grossolana in superficie, media in profondità, moderatamente acidi in superficie, neutri in profondità, non calcarei. Questi suoli rientrano nei Melanudands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.1.9. Consociazione dei suoli Campo (Unità CAMPO)**

L'unità comprende le aree pianeggianti al fondo dei campi carsici sommitali. L'uso agricolo prevalente è il pascolo naturale, sono diffuse le aree a vegetazione rada. Le quote dell'unità sono comprese tra i 1.120 e i 1.150 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 49 ha, pari al 1,21% dei suoli dell'area d'interesse (Tabella 9).

Sono suoli da pianeggianti a dolcemente ondulati, molto profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura grossolana in superficie, media in profondità, neutri, non calcarei. Questi suoli rientrano nei Melanudands Tipici mediali, amorfi, superattivi, mesici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

### **6.2 I Suoli del Sottosistema delle Aree di raccordo detritico-colluviali**

I suoli di questo Sottosistema di paesaggio si rinvencono in una fascia continua allungata in direzione Est-Ovest, ubicata nel settore settentrionale dell'area. Essi sono in posizione di raccordo tra il massiccio carbonatico del Camposauro e la pianura intermontana del fiume Calore. Le quote sono tipicamente comprese tra i 90 e i 400 m s.l.m.

Questo ambiente comprende le conoidi alluvionali e le fasce detritiche pedemontane dei rilievi montuosi del Camposauro, su depositi piroclastici in giacitura primaria o rimaneggiati, alternati a sedimenti calcarei franco-ciottolosi.

Questo ambiente comprende le conoidi alluvionali e le fasce detritiche pedemontane dei rilievi montuosi del Camposauro, su depositi piroclastici in giacitura primaria o rimaneggiati, alternati a sedimenti calcarei franco-ciottolosi. La composizione litologica di queste conoidi riflette i litotipi presenti nel relativo bacino di alimentazione; esse risultano, pertanto, costituite da alternanze di livelli cineritici, talora in giacitura primaria, talvolta rimaneggiati e di clasti calcarei, anch'essi immersi in una matrice piroclastica, a grado di



smussamento decisamente variabile e di dimensioni generalmente decrescenti spostandosi verso valle.

I suoli di questo ambiente mostrano una differenziazione del profilo forte o moderata, con presenza di orizzonti aventi caratteristiche andiche, che nella maggior parte dei casi, risultano moderatamente espresse, evolutisi da antichi depositi di caduta di ceneri alternati a livelli ghiaiosi con matrice sempre ricca di ceneri vulcaniche alterate. Ai massimi livelli evolutivi si riscontrano migrazione ed accumulo in profondità di argilla illuviale. Generalmente questi suoli sono ricchi di scheletro, profondi, fertili e freschi; presentano giacitura da ondulata a moderatamente ripida, ad eccezione dell'unità SOL0, dove prevalgono suoli ripidi.

#### **6.2.1. Consociazione dei suoli Solopaca (Unità SOL0)**

L'unità comprende i versanti alti delle conoidi dei rilievi calcarei, a profilo regolare rettilineo, ripidi, su depositi detritici sabbioso-ghiaiosi con copertura locale di depositi piroclastici. Sono frequenti all'interno dell'unità i terrazzamenti antropici. Si rinvencono a quote comprese tra i 160 e i 400 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 498 ha, pari al 12,22% dei suoli dell'area d'interesse (Tabella 9).

- L'uso del suolo prevalente è l'oliveto, seguono il vigneto e i boschi a cerro e roverella.

Si rinvencono su versanti ripidi, sono suoli molto profondi, pietrosi, eccessivamente drenati, con tessitura grossolana, ciottolosi in superficie e molto ciottolosi in profondità, neutri e scarsamente calcarei. Hanno proprietà andiche moderatamente espresse. Questi suoli rientrano negli Haplustands Tipici scheletrico mediali, amorfi, superattivi, termici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

#### **6.2.2. Consociazione dei suoli Pezzalonga (Unità PEZ0)**

L'unità comprende i versanti medi delle conoidi dei rilievi calcarei, a profilo irregolarmente ondulato, su depositi piroclastici alternati a livelli alluvionali franco-ghiaiosi.

Le quote sono comprese tra 90 e 260 m s.l.m., l'uso del suolo prevalente è il vigneto, subordinati gli oliveti. La superficie complessiva di quest'unità è di circa 121 ha, pari al 2,97% dei suoli dell'area d'interesse.

Sono ondulati, molto profondi, ben drenati, con tessitura media in superficie, moderatamente fine in profondità, ghiaiosi in superficie, scarsamente ghiaiosi in profondità

fino a 100 cm, molto ciottolosi oltre tale profondità, neutri e non calcarei. Hanno proprietà andiche moderatamente espresse e presentano orizzonti profondi ad accumulo di argilla illuviale. Tali suoli rientrano negli Ustivitrands Alfici cenerosi su scheletrico franco, misti, superattivi, termici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

### **6.2.3. Associazione dei suoli Crugliano e suoli Impiano (Unità CRU0-IMP0)**

L'unità comprende i versanti bassi delle conoidi dei rilievi calcarei, a profilo irregolarmente ondulato, su depositi piroclastici alternati a livelli alluvionali franco-ghiaiosi, si rinvencono a quote comprese tra 90 e 125 m s.l.m. La superficie complessiva di questa unità è di circa 20,64 ha, pari allo 0,51 % dei suoli dell'area d'interesse.

- L'uso di gran lunga prevalente è costituito dai vigneti, subordinati gli oliveti.

In quest' unità sono presenti le seguenti consociazioni di suoli:

- **Suoli Crugliano:** presentano giacitura ondulata, sono molto profondi, piuttosto eccessivamente drenati, con tessitura media o moderatamente grossolana, ghiaiosi in superficie, scarsamente ghiaiosi in profondità, neutri e molto scarsamente calcarei. Hanno proprietà andiche moderatamente espresse e presentano orizzonti profondi di accumulo di argilla illuviale. Questi suoli rientrano negli Haplustalfs Vitrandici franco grossolani, misti, superattivi, termici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

- **Suoli Impiano:** Sono ondulati, molto profondi, eccessivamente drenati, con tessitura grossolana, scarsamente ghiaiosi in superficie, estremamente ghiaiosi in profondità, neutri e molto scarsamente calcarei. Presentano un orizzonte profondo di accumulo di carbonato di calcio. Questi suoli rientrano nei Calciustepts Tipici scheletrico franchi, misti, attivi, termici secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

### **6.2.4 Consociazione dei suoli Cerzillo (Unità CER0)**

L'unità comprende i versanti alti delle conoidi dei rilievi calcarei, a profilo regolare rettilineo, ondulati, su depositi detritici sabbioso-ghiaiosi con copertura locale di depositi piroclastici. Sono frequenti all'interno dell' unità i terrazzamenti antropici. Si rinvenno a quote comprese tra i 130 e i 390 m s.l.m. **I suoli di tale unità sono quelli più marginali e meno presenti nell' area studio,** presentano un' estensioni pari a 3,16 ha ed una frequenza dello 0,08% (Tabella 9) .

L'uso del suolo prevalente è costituito da vigneti e oliveti, sono subordinati i boschi di latifoglie e i seminativi (cereali autunno-vernini).

La giacitura di tali suoli è ondulata, sono molto profondi, pietrosi, eccessivamente drenati, con tessitura media in superficie, moderatamente grossolana in profondità, ciottolosi in superficie e molto ciottolosi in profondità, debolmente alcalini e da calcarei a non calcarei. Hanno proprietà andiche moderatamente espresse e presentano un orizzonte profondo con accumulo di argilla illuviale. Questi suoli rientrano negli Haplustands Alfici scheletrico mediali, amorfi, superattivi, termici, secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

## 7. Descrizione Forestale dell' area di studio

L'area oggetto di studio presenta una netta vocazione forestale, a fronte di una superficie complessiva pari a 4.086,80 ha, la superficie forestale ammonta a 3.205,17 ha pari al 78,57% del totale (media regionale Campania 32,76% - INFC, 2005), l' estensione della superficie boscata ammonta a 3.060,93 ha; quindi, l' indice di boscosità è pari al 75,03% (indice di boscosità Campania 27,67% - INFC, 2005).

La maggior parte dei boschi dell' area oggetto di studio rientra in area protetta, ovvero nel SIC "Camposauro" e all' interno del Parco Regionale del Taburno Camposauro. Quasi tutta la superficie forestale dell' area di interesse rientra all' interno del SIC "Camposauro", con un' estensione pari a 2.921,47 ha, corrispondenti al 91,15% della superficie forestale totale. La stragrande maggioranza della superficie forestale rientra anche all' interno del succitato Parco Regionale, 2.674,68 ha pari al 83,45% (Tabella 10).

**Tabella 10** - Ripartizione della superficie forestale dell' area di studio, in base alla zonizzazione del Piano del Parco Regionale del Taburno-Camposauro

<b>Zona del Piano Parco Regionale Taburno-Camposauro</b>	<b>SIGLA</b>	<b>Sup forestale (ha)</b>	<b>Percentuale sulla superficie forestale Totale del Parco</b>	<b>Percentuale sulla superficie forestale Totale dell' area di studio</b>
Area di Riserva Integrale	A	1326,41	49,59%	41,38%
Area di Riserva Generale orientata	B	1073,03	40,12%	33,48%
Area di Riserva Controllata	C	275,24	10,29%	8,59%
<b>TOTALE</b>		<b>2674,68</b>	<b>100,00%</b>	<b>83,45%</b>

Inoltre, molti boschi dell' area oggetto di studio sono stati assoggettati alla pianificazione del Piano di Assestamento Forestale del Comune di Vitulano, che ha avuto valenza decennale 2005/2014. La superficie forestale pianificata all' interno dell' area di interesse ammonta a circa 1.186,40 ha, pari al 37,02% della superficie forestale totale.

Per una visione più dettagliata dei vincoli dovuti alla presenza di aree protette nell' area di studio, si rimanda alla visione della TAVOLA 1 - Inquadramento amministrativo.

### **7.1. Caratteristiche ecologiche dell' area forestale**

La vegetazione forestale dell'area indagata, può essere ricondotta a tre piani fondamentali, il **piano basale** che parte dalle quote inferiori, che si attestano intorno ai 90 m slm ed arriva a 650 m slm; il **piano pedemontano**, che parte dai 600-700 m secondo le variazioni climatiche locali e mediamente si arresta a circa 1000 m slm e il **piano montano** generalmente dai 1000 m fino alle quote superiori del territorio oggetto di studio, che si attestano fino ai 1.390 m del Monte Camposauro.

Il contesto floristico e forestale del territorio oggetto di studio, date la grandi variazioni altimetriche, le pendenze elevate e le condizioni orografiche, microclimatiche e pedologiche, si presenta vario. E' opportuno sottolineare, che la zonazione in fasce altitudinali ha un significato orientativo, poiché le diverse condizioni locali, edafiche e microclimatiche, rendono la composizione floristica e vegetazionale varia e difficile da “costringere” in schemi e limiti ben definiti.

Iniziando a descrivere il **piano basale** questo può essere diviso in **piano basale inferiore**, che si arresta a circa 400 m slm e **piano basale superiore** compreso tra i 400 ed i 650 m slm. Nel caso studio in questione, la suddivisione in fascia basale superiore ed inferiore è abbastanza labile e sembrerebbe più opportuno parlare di un' unica fascia, ovvero di quella basale. Considerando il contesto floristico ed arboreo, nonché quello climatico (vedi par. 4), che caratterizza le quote in cui si ritrova la fascia basale dell' area, possiamo sostenere, che tale fascia può essere ascritta alla fascia **sopramediterranea** (Ozenda, 1985; Quezel, 1985; Bernetti, 2004).

La fascia sopra mediterranea del piano basale nell'area oggetto di studio è caratterizzata da un clima fresco e umido con estati non estremamente siccitose, parte della sottozona fredda del *Lauretum* e termina nella zona del *Castanetum* del 2° tipo, cingolo *Quercus pubescens*; fascia sannita, corrispondente orizzonte dei boschi xerofili e delle garide xerofile. Nel caso in questione tale fascia è caratterizzata alle quote inferiori da boschi misti xerofili a

prevalenza di roverella (*Quercus pubescens* Willd.), che generalmente corrispondono al piano basale inferiore.

Salendo di quota verso il piano basale superiore, la roverella viene man mano sostituita nella dominanza, da formazioni a prevalenza di carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), Orniello (*Fraxinus ornus* L.) e carpino orientale (*Carpinus orientalis* Mill.), inquadrabili come orno-ostrieti mesoxerofili. In tali formazioni oltre che la roverella, all' orno-ostrieto si associano o compaiono come specie sporadiche, il frassino meridionale (*Fraxinus angustifolia* Vahl), il leccio (*Quercus ilex* L.), le querce caducifoglie: farnetto (*Quercus Conferta* Kit.) e cerro (*Quercus cerris* L.) e agli aceri: campestre (*Acer campestre* L.), trilobo (*Acer monspessulanum* L.). L'aridità estiva provoca lo sviluppo di piante tozze e ramosi. Tale flora risulta particolarmente ricca e presente anche nel resto dell' Appennino meridionale, dove il nome di fascia sannita, in questo caso è particolarmente giustificato (Bernetti, 2004).

Tali formazioni vegetano soprattutto su versanti ad elevata pendenza o in conoidi detritiche attive con movimenti franosi frequenti e recenti (frane dell' autunno 2015), con suolo sottile e substrato costituito da calcari e dolomite incoerenti, sono per lo più cedui maturi ed invecchiati, che oltre alla funzione produttiva (per il buon valore della legna da ardere), svolgono un importante funzione per quanto riguarda la protezione idraulica e dal dissesto idrogeologico del territorio in esame (Foto 3).

Il sottobosco è costituito da arbusti sempreverdi anche sclerofilli e termofili tra cui: il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.), il viburno (*Viburnum tinus*), la fillirea (*Phyllirea latifolia*), l' alaterno (*Rhamnus alaternus*), l' erica (*Erica arborea*) e le ginestre, tra cui la ginestra odorosa (*Spartium junceum* L.), la cornetta dondolina (*Coronilla emerus* L.) e la ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*, (L.) Link), data la lontananza dal mare, più rari sono il Corbezzolo (*Arbutus unedo*) e l' alloro (*Laurus nobilis*).

Sui versanti medi molto acclivi e sui crinali subarrotondati molto erosi, è possibile trovare arbusteti a prevalenza di ginestre soprattutto *Spartium junceum* e di rovi (*Rubus fruticosus* L. e *Rubus ulmifolius* Schott).

In altre zone del piano basale, caratterizzate da suoli poco profondi, da considerevoli pendenze o per opera del disturbo di origine antropica, dovuto soprattutto al pascolo e agli incendi, troviamo la gariga a prevalenza di graminoidi, Carici (*Carex spp.*) e ampelodesma (*Ampelodesmos mauritanicus* (Poiret) Dur. et Sch.). Si tratta di cenosi spesso confinate in zone difficilmente accessibili e comunque in aree, dove non era possibile un uso del suolo alternativo al bosco.

Il piano pede-montano o sub-montano dell'area in questione, parte dai 600-700 m slm e si arresta intorno ai 950-1000 m slm, riconducibile alla Fascia medioeuropea. Nome proposto dal Pignatti (1979) al posto di piano collinare, equivale alla zona del *Castanetum* del 1° tipo, al cingolo *Quercus-Tilia-Acer* (Bernetti 2004).

Particolare importanza nel piano sub-montano è rappresentata dalle formazioni miste mesofile, inquadrabili soprattutto come orno-ostrieti. Tali formazioni sono dotate di un' elevatissimo tasso di biodiversità arborea; a differenza della variante meso-xerofila presente nel piano basale, nell' area in questione, oltre all' orniello, al carpino nero, al carpino orientale si associa il carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), il frassino meridionale; varie specie di aceri, oltre all' acero capestre e l' acero trilobo, compaiono nelle zone delle quote superiori di questa fascia, anche in abbondanza: l' acero napoletano (*Acer opalus* Mill. *subsp. neapolitanum* (Ten.) Gams.), l' acero riccio (*Acer platanoides* L.) e l' acero di monte (*Acer pseudoplatanus* L.).

Nelle stazioni delle quote inferiori, con suoli più sottili, maggiore pietrosità e xericità edafica, compaiono formazioni a prevalenza di specie quercine cadufifoglie. In particolare i querceti meso-xerofili a prevalenza di roverella a cui si associa il farnetto, che in tale piano si ritrovano soprattutto come boschi di neoformazione, che hanno sostituito i coltivi ed i pascoli abbandonati. Nelle zone meno secche e più in quota, prevalgono i querceti mesofili di cerro, che nelle stazioni più umide si associa alla farnia (*Quercus robur* L.) e nelle stazioni umide e soleggiate al rovere meridionale (*Quercus dalechampii* Ten.).

Le stazioni del piano pedemontano, più fresche e con condizioni edafiche migliori e suoli più profondi, evoluti e fertili, sono caratterizzate dalla presenza di importanti popolamenti cedui di castagno (*Castanea sativa* Miller) e sporadicamente castagneti da frutto, quest' ultimi per lo più di proprietà privata. In quanto il castagno è una specie originaria dell' Asia Minore, introdotta su tutto il territorio nazionale prima dai greci e poi dai romani, tali popolamenti sono stati impinti dall' uomo in epoca storica, per le ottime produzioni da frutto e legnose, che il castagno ha storicamente fornito alle popolazioni montane di quasi tutte le regioni italiane, in alcuni casi garantendone la sopravvivenza.

Nelle zone più umide e lungo gli impluvi compaiono per lo più in modo marginale, il pioppo tremulo (*Populus tremula* L.), il pioppo nero (*Populus nigra* L.), il nocciolo (*Corylus avellana* L.) e nelle zone umide e più assolate il salicone (*Salix caprea* Kilmarnock) ed il

frassino meridionale. L' ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.) tende ad insediarsi nelle zone umide disturbate, sui coltivi ed i prati abbandonati.

Tra le specie arbustive consociate e che arrivano a formare arbusteti, ritroviamo le ginestre, rappresentate soprattutto dalla cornetta dondolina, ma anche la ginestra odorosa e ginestra dei carbonai, i rovi, il biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.), il prugnolo (*Prunus spinosa* L.) e sporadicamente sono presenti felceti nelle radure e nelle zone di margine tra il bosco, i seminativi ed i pascoli abbandonati.

Inoltre, nel piano sub-montano occupano una discreta estensione i rimboschimenti a prevalenza di conifere. Nell' area in questione sono stati edificati rimboschimenti misti di pini mediterranei a prevalenza di pino d' Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) e pino marittimo (*Pinus pinaster* Aiton), spesso in consociazione con il cipresso mediterraneo (*Cupressus sempervirens* L.). Altri rimboschimenti sono stati edificati creando popolamenti puri di douglasia (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco).

Tra le latifoglie di origine esotica introdotte in epoche più recenti, sporadicamente nella fascia basale e pedemontana del territorio oggetto di studio, si ritrovano le formazioni pure di robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), ma tale specie si insedia in modo infestante anche in altre formazioni forestali naturali, tipiche di tali piani vegetazionali. L' ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) è un' altra specie esotica infestante, presente nel piano basale e in quello pedemontano, ma nell' aria oggetto di studio, raramente arriva a formare popolamenti puri. La vegetazione ripariale, che si rinviene soprattutto lungo i valloni ed i torrenti del piano basale e sub-montano, è composta prevalentemente dall' ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), da pioppi: pioppo bianco (*Populus alba* L.), pioppo tremulo e salice bianco (*Salix alba* L.). La vegetazione arbustiva in prossimità delle formazioni ripariali, è densa ed è costituita soprattutto dal sambuco (*Sambucus nigra* L.), corniolo (*Cornus mas* L.) e sanguinella (*Cornus sanguinea* L.); infine tra le erbacee è abbondante la presenza degli equiseti (*Equisetum spp.*).

Il cambiamento dei parametri termopluviometrici tra cui la diminuzione della temperatura e l' aumento delle precipitazioni (anche nevose) determinano il passaggio alla **fascia supratemperata o fascia montana** che nell' area in questione parte dai 950-100 m slm e si estende fino alle quote superiori. Questo bioclima di tipo temperato è caratteristico dell' Europa centrale e penetra nel cuore del Mediterraneo attraverso le catene montuose che in

esso si protendono, come quella appenninica e permette la discesa di specie e formazioni vegetali tipiche dell' Europa centrale, come le faggete (*Fagus sylvatica* L.). Queste formazioni sulle montagne mediterranee si arricchiscono di specie particolari, così il loro corredo floristico risulta sostanzialmente diverso da quello che presentano nell' Europa centrale. In base alla loro composizione floristica, le faggete dell' area di studio appartengono alla tipologia dell' *Aquifolio-Fagetum* che generalmente, nell' Appennino meridionale si ritrovano tra i 1.000 e i 1.500 m. L' *Aquifolio-Fagetum* è la faggeta più termofila le cui specie caratteristiche sono l' agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.) ed altre specie erbacee ed arbustive: *Melica uniflora*, *Daphne laureola*, *Potentilla micrantha* var. *breviscapa*, *Euphorbia amygdaloides*, *Allium triquetrum* var. *pendulinum*. Le faggete dell' area in esame, sono per lo più fustaie agamiche adulte, derivanti dalla conversione dei cedui invecchiati.

Nel piano montano sono presenti soprattutto nelle radure e nelle zone di margine tra il bosco ed i pascoli, arbusteti a prevalenza di felce aquilina (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) con alberelli sparsi o siepi di biancospino e prugnolo (*Prunus spinosa* L.). Inoltre, sono numerosissime le piante officinali che crescono allo stato spontaneo, tra queste annoveriamo: la borragine, la camomilla, la cicoria, la lavanda, la malva, l'ortica, la salvia e la valeriana rossa.

Nel settore orientale della fascia montana dell' area di studio, soprattutto per le caratteristiche pedologiche e geomorfologiche dovute alle pendenze elevate ed ai suoli sottili e rocciosi, diviene nuovamente dominante anche nel piano montano l' orno- ostrieto mesofilo che si spinge fino a circa 1.200 m slm.

Quindi, alla luce di quanto esposto in questo paragrafo, la tipologia forestale prevalente nell' area di studio risulta essere l' orno-ostrieto. Tale tipologia forestale domina il piano basale con formazioni cedue di bosco misto meso-xerofilo e il piano pedemontano con formazioni governate sempre a ceduo, che in base al corredo arboreo consociato nel piano sub-montano possono essere ascritte alla variante del bosco misto mesofilo.

La seconda tipologia forestale presente nell' area di studio è la faggeta, che ne domina il piano montano. Segue per importanza il castagno e con superfici di molto inferiori le altre formazioni arboree. Per una lettura chiara e sintetica delle caratteristiche forestali dell' area, si espongono i dati relativi all' estensione delle diverse tipologie forestali, nella seguente tabella e nel seguente grafico. Per comprendere la spazializzazione della descrizione

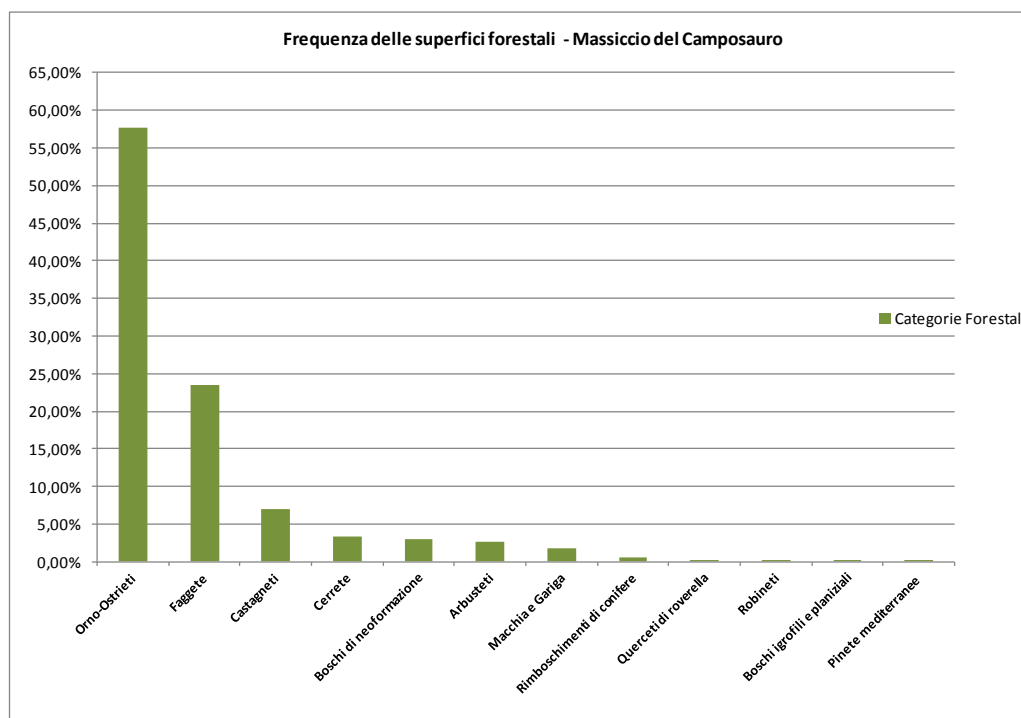


forestale effettua in questi due paragrafi, si rimanda alla visione della TAVOLA 4 - Carta forestale.

**Tabella 11** - Quadro sinottico delle tipologie forestali dell' area di studio (Massiccio del Camposauro)

Codice CORINE	Categoria Forestale	Superficie Totale occupata nell' area di studio (ha)	Percentuale Superficie Forestale (ha)	Percentuale Superficie Boscata (ha)
3113	Orno-Ostrieti	1848,82	57,68%	60,40%
3115	Faggete	754,24	23,53%	24,64%
3114	Castagneti	222,09	6,93%	7,26%
3112	Cerrete	104,71	3,27%	3,42%
3241- 3243 - 3244	Boschi di neoformazione	99,08	3,09%	3,24%
3125	Rimboschimenti di conifere	17,11	0,53%	0,56%
3112	Querceti di roverella	9,42	0,29%	0,31%
3244	Robineti	3,26	0,10%	0,11%
3116	Boschi igrofili e planiziali	1,35	0,04%	0,04%
3121	Pinete mediterranee	0,86	0,03%	0,03%
<b>TOTALE Superficie Boscata</b>		<b>3060,93</b>	<b>95,50%</b>	<b>100,00%</b>
3222 - 3221 - 3231 - 4111	Arbusteti	87,66	2,73%	//
3232	Macchia e Gariga	56,58	1,77%	//
<b>TOTALE Superficie Forestale non boscata</b>		<b>144,24</b>	<b>4,50%</b>	<b>//</b>
<b>SUPERFICIE FORESTALE</b>		<b>3205,17</b>	<b>100,00%</b>	

**Grafico 6** - Ripartizione delle tipologie forestali dell' area di studio



## TAVOLA 4 - Carta forestale



### Legenda

Area di studio

Carta silografica PAF Comunali

San Salvatore Telesino

Vitulano

Tipologie Forestali

Arbusteti

Boschi di neoformazione

Boschi igrofili e planiziali

Boschi misti di conifere e latifoglie

Castagneti

Cerrete

Faggete

Gariga

Impianti di rimboscimento di conifere

Leccete

Orno-ostrieti

Pinete di pini mediterranei

Pinete di pini oromediterranei

Pioppeti artificiali

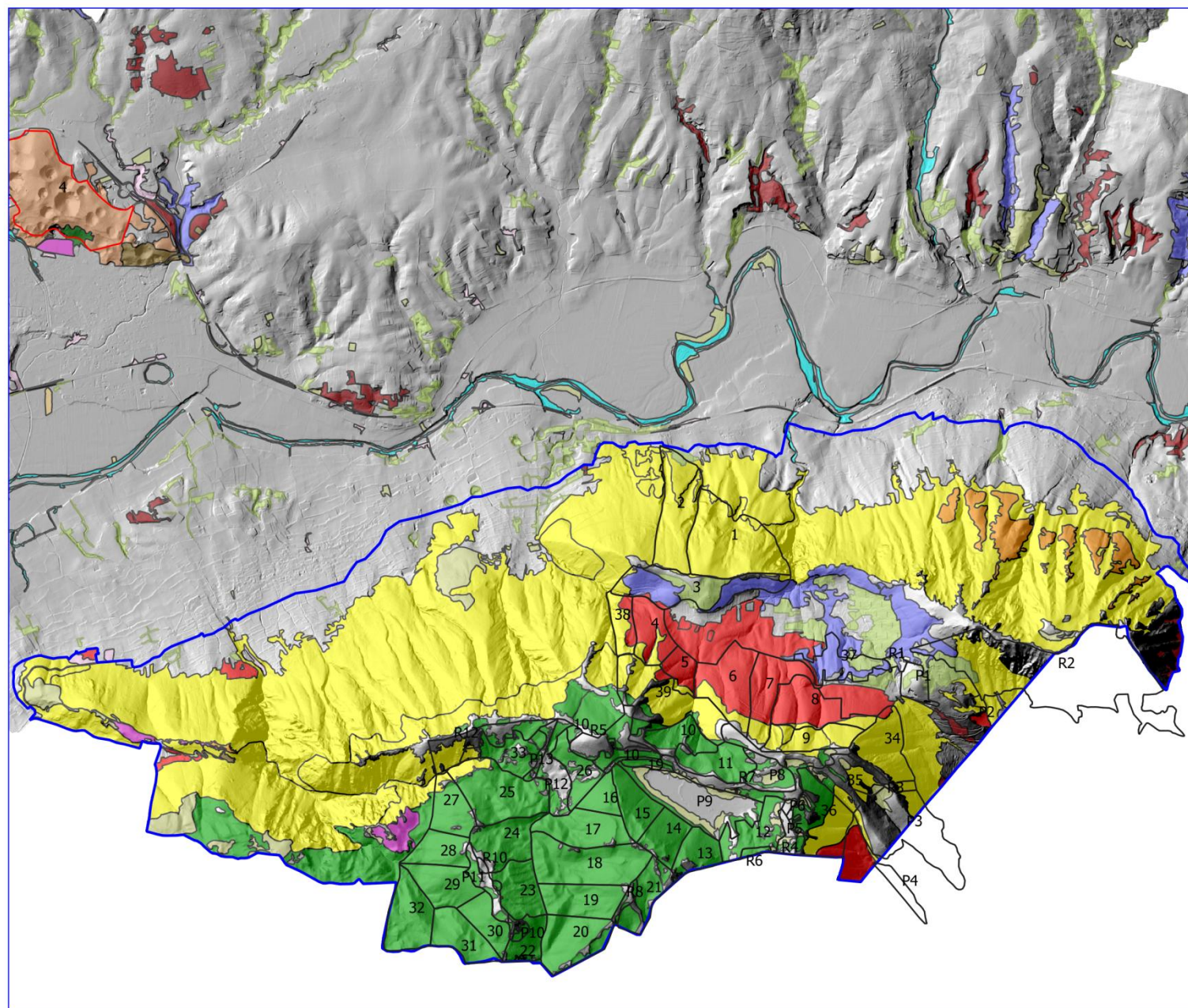
Querceti di roverella

Robinieti

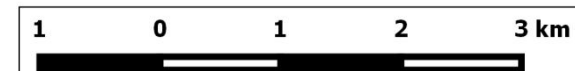
Hillshade DTM Lidar (5mx5m)

90.5243

244.798



1:55.000



## **7.2 Gli orno-ostrieti del Camposauro**

Come esposto nel paragrafo precedente, gli orno-ostrieti rappresentano la principale formazione forestale dell' area di studio, vegetano prevalentemente nella fascia basale, in quella pedemontana e marginalmente in quella montana. Nell' area in questione coprono quasi tutto il suo range altimetrico e si rinvencono a quote comprese tra 100 e 1.240 m slm, vegetano su versanti e crinali caratterizzati da pendenze elevate e con incisioni e depressioni profonde e con pendenze elevate, mediamente pari al 60-70%, esposti prevalentemente a nord.

Tali boschi sono per la maggior parte di proprietà privata e solo una parte, pari al 16,14%, sono soggetti alla pianificazione del Piano di Gestione Forestale comunale di Vitulano (2004/2015).

Tali formazioni sono dotate di un' elevata biodiversità arborea e floristica; infatti, sono detti boschi misti. Alle quote inferiori ed in stazioni ad elevata pendenze con suoli pietrosi o i stazioni rupicole, prevale la variante mesoxerofila, in cui si associano al carpino nero, alla carpinella e all' orniello, la roverella, il leccio, l' acero campestre e l' acero minore. Alle quote superiori prevale la variante mesofila, scompare il leccio, la roverella diventa rara, il carpino nero diventa più dominante (Foto 5), si associano ai carpini e all' orniello, il carpino bianco, il cerro, l' acero riccio, l' acero di monte, l' acero napoletano, l' acero del Lobel ed il castagno, nelle stazioni più fresche e con suoli profondi compare anche il faggio.

Sono prevalentemente soprassuoli cedui invecchiati, caratterizzati nella maggior parte dei casi da una matricinatura regolare, anche con specie consociate, prevalentemente quercine. Nelle stazioni meno in quota i fusti per l' aridità estiva ed il conseguente stress idrico, assumono un portamento contorto (Foto 6). Si rinvencono anche soprassuoli transitori in avviamento all' alto fusto con il metodo del rilascio intensivo di matricine.

Spesso sono formazioni caratterizzate da un folto strato arbustivo di pungitopo, rovi, cornetta dondolina e rosa canina. Nelle aree più degradate, dove il sovrapascolamento ha determinato un forte sentieramento delle pendici più acclivi, le chiarie e le radure sono invase dalla vegetazione arbustiva dei Prunetalia e nelle aree più degradate la copertura dello strato erbaceo diventa elevata con rilevante presenza di edera e vinca.



**Foto 5** - Orno-ostrieto mesofilo (550 m slm)



**Foto 6** - Orno-ostrieto meso-xerofilo con portamento contorto (350 m slm)



### **7.3 Le Faggete del Camposauro**

Le faggete del Camposauro sono prevalentemente faggete termofile ad agrifoglio vegetano nella fascia montana e marginalmente in quella pedemontana, ad una quota compresa tra 850 e 1.390 m slm, su versanti acclivi con esposizioni varie e con pendenze mediamente pari al 35-40% e all' interno di concavità e zone di impluvio.

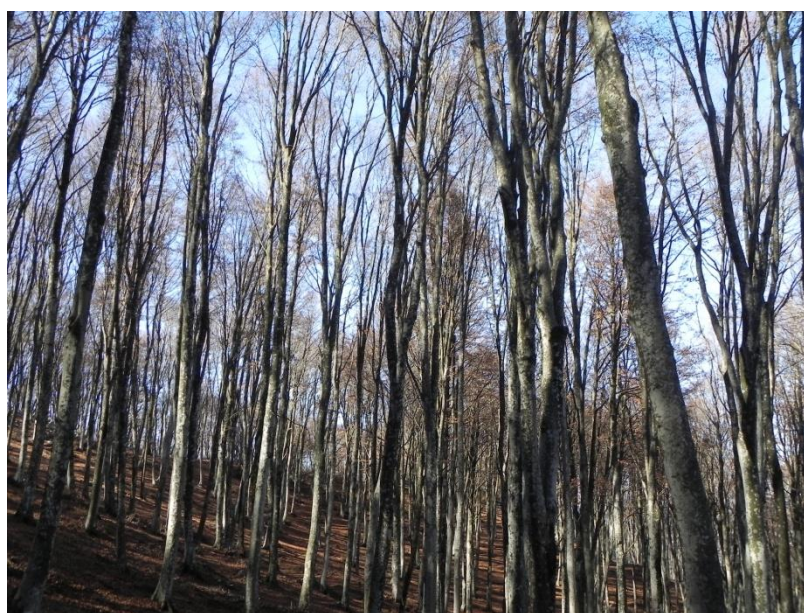
Tali faggete si presentano come soprassuoli puri, con un rado strato arbustivo ad agrifoglio, con esemplari di questa sclerofilla, che possono raggiungere anche discrete altezze. Inoltre, è

da segnalarsi presenza sporadica di specie mesofile soprattutto aceri e secondariamente carpino nero, cerro, castagno, betulla, relegate in genere in prossimità dei dislivelli ed ai margini della formazione principale.

La maggior parte delle faggete dell' area di studio risultano di proprietà pubblica e sono state sottoposte a pianificazione, circa l' 87,10% della superficie rientrava nelle particelle forestali del PAF di Vitulano (2005/2014)

Tali formazioni si presentano prevalentemente come fustaie agamiche pure derivanti dalla conversione dei cedui di faggio, sono adulte, coetaniformi e monoplane (Foto 7). La copertura e la densità risulta normale a tratti colma, con novellame abbondante, ma la rinnovazione si è affermata solo a tratti.

**Foto 7** - Fustaia di faggio agamica, coetaneiforme e monoplana del Camposauro



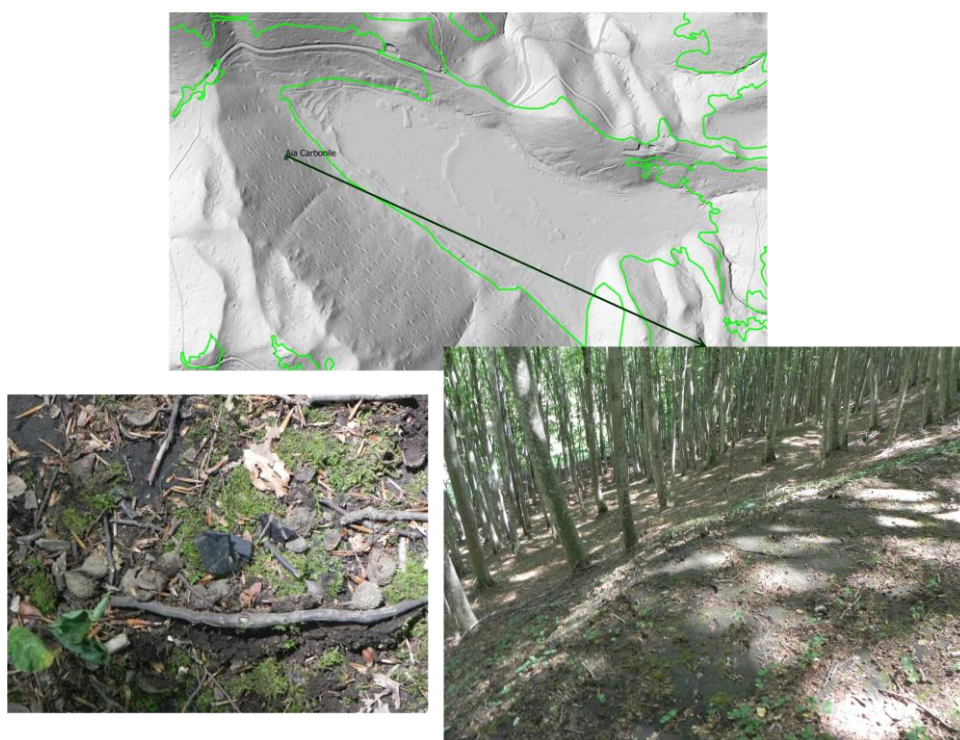
La struttura coetaneiforme è in parte il risultato della conversione di vecchi cedui matricinati iniziata tra gli anni '50 e '60 del secolo scorso. Si presentano in pieno regime produttivo ed assestate, diradate di recente ed interamente, a seguito dell' implementazione del suddetto PAF, in cui sono stati applicati modelli selvicolturali, che hanno tentato a mantenere la loro struttura coetanea, probabilmente ascrivibili ai diradamenti selettivi ed ai tagli di preparazione facenti parte della sequenza dei tagli successivi uniformi. Ricorrono anche modelli strutturali non sempre facilmente classificabili e che possono essere assimilati a fustaie disetanee policicliche, talvolta stratificate, in cui molto spesso, nuclei di origine agamica, con presenza di matricine a chioma molto espansa e ramosa, si intercalano a nuclei coetaneiformi da seme



di diverso stadio evolutivo (spessine, perticaie e fustaie, di età variabile tra 30 e 100 anni). Nell' area si rinvenno marginalmente, soprattutto in prossimità dei crinali e nella parte superiore dei versanti, cedui invecchiati, probabilmente non convertiti e rilasciati ad invecchiamento indefinito in quanto vegetavano in stazioni con suolo sottile, elevata pietrosità e rocciosità affiorante; quindi, vegetanti in stazioni dotate di fertilità scadente.

Tali faggete storicamente erano dei cedui, che venivano utilizzati per la produzione di carbone, sono ancora numerose ed in buono stato di conservazione le aie carbonili (Figura 6).

**Figura 6** - Hillshade Lidar versante esposto a Nord-est sovrastane il Campo carsico, si notano le numerose aie carbonili residue lungo il versante di cui una georeferenziata, i poligoni in verde rappresentano il contorno della faggeta



Il corredo floristico è quello tipico delle faggete termofile, lo strato erbaceo ed arbustivo è rado, soprattutto per il pascolo bovino, in quest' area viene ancora praticata in modo diffuso la transumanza (Foto 4). Tale usanza tradizionale se praticata in bosco può essere fonte di disturbo e di degrado per i suoli e la rinnovazione di tali formazioni forestali.

#### **7.4 I castagneti del Camposauro**

Nell' area oggetto di studio i castagneti sono localizzati prevalentemente nel demanio di Vitulano, nella fascia basale superiore e pedemontana, ad una quota compresa tra 550 e 1.070 m. slm, vegetano su versanti acclivi esposti prevalentemente a Nord, con pendenze mediamente pari al 45-50%.

Nell' area oggetto di studio il castagno è concentrato in un popolamento principale, che presenta un' estensione di circa 189,29 ha, pari all' 85,23% della superficie castanicola dell' aera in esame, che a differenza del nucleo in questione, si presenta frammentata, in base al regime di proprietà e complessivamente presenta una superficie di 222,09 ha. La maggior parte dei castagneti è di proprietà pubblica (64,08%) e sottoposto alla pianificazione del PAF comunale (2005-2014), ma gran parte delle superfici comunali e private, non sono state ancora utilizzate (115,46 ha - 61%) ed hanno superato abbondantemente il turno consuetudinario della zona in questione.

Tali formazioni sono prevalentemente cedui con una matricinatura abbondante, anche con soggetti di grandi dimensioni, i soprassuoli sono quasi puri di castagno (Foto 7), le principali specie sporadiche consociate sono il cerro, il complesso degli aceri: campestre, d' Ungheria, di monte e napoletano; il tiglio, il ciavardello, l' ontano napoletano e l' ontano nero, l' orniello ed il faggio.

I cedui in questione derivano soprattutto dalla ceduzione di vecchi castagneti da frutto, di cui ne rimangono pochi residui o particolari cedui composti da frutto.

**Foto 7** - Ceduo matricinato di castagno oggetto di studio



I castagneti non ancora utilizzati nell' area oggetto di studio, si presentano gravemente danneggiati a causa dell' abbandono e degli attacchi del cancro del castagno (*Cryphonectria parasitica*) di ceppo virulento e negli ultimi anni dal cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) (Foto 8 e 9). Pertanto si rendono necessari per tali soprassuoli, idonee cure ed interventi selvicolturali con finalità fitosanitarie.

**Foto 8 e Foto 9** - Soprassuolo di castagno con presenza diffusa di cancro corticale e galle del cinipide su di un giovane pollone di castagno





## **CAPITOLO 3:**

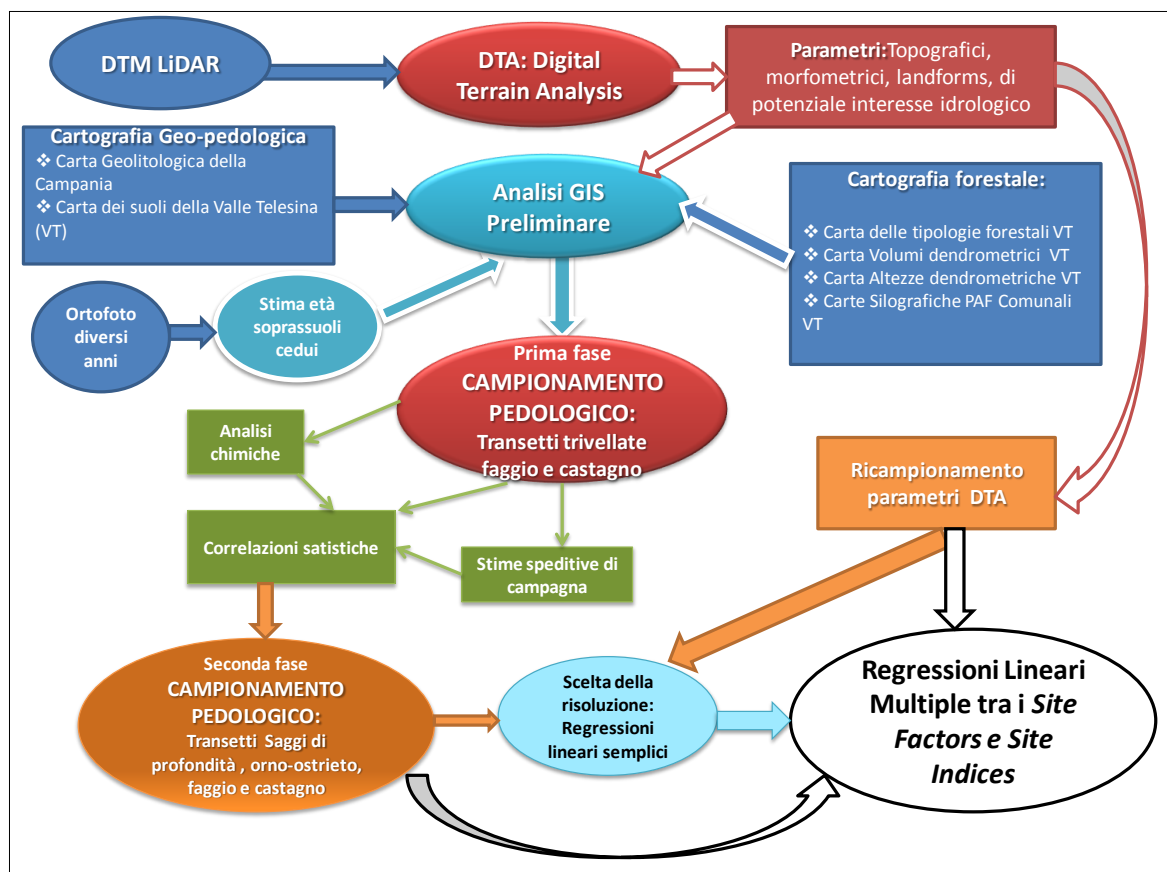
### **MATERIALI E METODI**

## Premessa

Le metodologie utilizzate in questo lavoro, hanno avuto lo scopo principale di comprendere, quali *Site Factors* ed in che misura i diversi fattori: pedologici, topografici, litologici e geomorfologici e di potenziale interesse idrologico, determinassero apprezzabili variazioni sui due *Site Indices* presi in considerazione: le altezze ed volumi dendrometrici stimati con tecnologia LiDAR-ALS. Inoltre, utilizzando tali indici dendrometrici ed i fattori legati ai siti esaminati, rilevati sulle tre formazioni forestali più rappresentative dell' area in esame, si è tentato a comprendere le relazioni intercorrenti tra i *Site Factors*, i *Site Indices* e la profondità del suolo. Tali metodologie appartengono a diverse discipline cardine delle Scienze Forestali, Agrarie ed Ambientali, ovvero la Cartografia, GIS e LiDAR, alla Pedologia e Chimica del suolo, all' ecologia e all' assestamento forestale, alla dendrometria, selvicoltura, alla statistica descrittiva e inferenziale.

Al fine di fornire una rapida comprensione dello schema logico e delle fasi del lavoro svolto per le attività inerenti la tesi in questione, si riporta il seguente diagramma.

**Grafico 1** - Diagramma di flusso delle attività svolte durante la tesi



Nei paragrafi successivi si tenterà di esporre in modo chiaro e dettagliato ciascuna fase rappresentata in modo sintetico nel diagramma.

## **1. Rilievi forestali e Carta forestale della Valle Telesina**

La Carta Forestale della Valle Telesina in formato vettoriale Shape file (Scala 1:2.500), i rilievi e le stime dendroauxometriche, sono state prodotte dal Dr. For. Francesco Cona (2013) nell'Ambito del Progetto di ricerca LIFE SoilConWeb. Di seguito si riportano in modo sintetico le fasi del lavoro:

1. Reperimento ed analisi del materiale cartografico di base: Cartografia dell'uso del suolo elaborata con metodologia Corine Land Cover (CLC, 2011), rielaborata in scala 1:2.000 dal Dr. Antonello Migliozi (2012) nell'ambito dello stesso LIFE SoilConsWeb; digitalizzazione in formato vettoriale Shape file, delle Carte Silografiche di partenza in formato cartaceo, dei Piani di Assestamento Forestale Comunali, in vigore o scaduti presenti nell'area oggetto di studio.
2. Campagna di rilievi dendroauxometrici, controlli e verifiche in campo delle tipologie forestali, precedentemente identificate dai poligoni della Carta d'Uso del Suolo. Sulle principali formazioni boschive della Valle Telesina sono state eseguite 27 aree di saggio, di forma circolare, con raggio variabile, da 11,28 a 15 m per i boschi cedui e da 15 e 30 m per le fustaie. Nelle AdS sono stati misurati i diametri ad un'altezza di 1,30 m (diametro a petto d'uomo), di tutti gli alberi aventi diametro uguale o superiore a 2,5 cm, le altezze dendrometriche e cormometriche di un sufficiente numero di alberi, per la costruzione delle curve ipsometriche delle varie tipologie forestali.
3. Successivamente sono state effettuate l'elaborazioni dendrometriche divise per tipologia forestale. Pertanto, sono state calcolate: le curve ipsometriche, le altezze medie, il numero piante/ha, la curva di distribuzione diametrica, l'area basimetrica media ( $m^2/ha$ ), il diametro medio di area basimetrica media ( $d_g$  in cm) ed il volume dendrometrico ( $m^3/ha$ ). Tali dati, si renderanno necessari anche per la calibrazione dei dati LiDAR-ALS. Per la stima del volume legnoso, sono state utilizzate le tavole di cubatura a doppia entrata dell'INFC, valide per le principali specie forestali italiane (Tabacchi *et al.*, 2011).
4. Infine, è stata effettuata la classificazione definitiva delle tipologie forestali della Valle Telesina e sono stati digitalizzati in scala 1:2.500 i poligoni dei limiti delle unità forestali tipologiche in formato vettoriale Shape file di ArcView.

## **2. Uso di Dati Lidar-ALS per la produzione di DTM e Carte di supporto alla gestione forestale**

I dati LiDAR prodotti nell' ambito del Progetto di Ricerca LIFE SoilConsWeb, sono stati ottenuti tramite volo con elicottero svolto dalla ditta Helica srl, con tecnologia LiDAIR *Airborne Laser Scannig* - ALS, svolto in data 31 marzo, 1 e 2 aprile 2011, utilizzando il Sistema:ALTM 3100EA Optek ed una densità di campionamento pari a 5 punti per m<sup>2</sup>.

La ditta Helica srl ha prodotto a partire dalla *points cloud* 3-D in formato .LAS con risoluzione di 1 cm, i seguenti dati raster: DTM (*Digital Terrain Model*) in formato ASCII grid con risoluzione di 1 m, il DSM (*Digital Surface Model*) in formato ASCII grid con risoluzione di 1 m e le ortofoto in formato GeoTIFF con risoluzione di 0,1 m. Tutte le tipologie di dato sono suddivise in circa 370 elementi (descritti in un quadro d' unione) e con sistema di riferimento WGS84 proiezione UTM - fuso 33 Nord; le quote ortometriche sono riferite al modello geoidico ITALGEO 20055.

Le mappe dei volumi e delle altezze delle formazioni forestali della Valle Telesina, sono state prodotte dal Dr. For. Maurizio Teobaldelli (2013) nell' Ambito del Progetto di ricerca LIFE SoilConWeb.

In letteratura (Wulder *et al.* 2012) le procedure che si basano su dati LiDAR, utilizzate per analizzare le aree forestali come quella oggetto di studio, possono essere divise in due categorie fondamentali:

1. le misure indipendenti al fine di analizzare le tipologie forestali e a tale categoria appartengono gli strati informativi relativi alla topografia (es. DTM, pendenze ed esposizione) che ci forniscono una caratterizzazione delle tipologie forestali da un punto di vista del sito.
2. Le stime LiDAR che si basano su un certo numero di campioni e la calibrazione delle stime avviene tramite misure effettuate con rilievi a terra (es. Aree di saggio), con successiva validazione dei modelli e l' applicazione degli stessi su aree più estese. A questa categoria, appartengono le stime LiDAR riguardanti l' altezza media ed il volume dendrometrico dei popolamenti forestali, che andremo ad esaminare.

Per l' elaborazione dei dati LiDAR si è provveduto all' utilizzo del software open-source FUSION e sono state osservate le procedure riportate in letteratura (Höfle & Pfeifer, 2007; Jutzi & Gross, 2009; García *et al.*, 2010; Shaker *et al.*, 2011).

I valori stimati di altezza media, rilevati a terra all' interno delle varie Aree di Saggio (AdS), sono stati confrontati con le altezze rilevate dal LiDAR, ovvero con il primo ritorno del segnale LiDAR, che presentava un' altezza minima di almeno 2 m da terra, al fine di ottenere dei modelli statistici da utilizzare per la produzione delle mappe relative all'intera Valle Telesina. Data l'enorme mole di informazioni rappresentata dai dati grezzi LiDAR (370 file .LAS - 30,6 Gbytes totali), si è proceduto inizialmente ad un'analisi preliminare effettuata alla massima risoluzione (0.01 m) su alcuni sub-campioni, ovvero sui file LAS originali, in cui vi ricadevano le AdS eseguite a terra.

I risultati ottenuti sono stati confrontati, inizialmente con l' altezza media (Hm) del popolamento forestale, misurata all' interno delle AdS eseguite a terra e successivamente con le stime della provvigione (valori ad ettaro), al fine di individuare fra tutti i possibili risultati di statistica descrittiva derivanti dall'analisi dei dati LiDAR, una o più variabili da utilizzare come regressori nelle fasi successive dell'analisi, finalizzate alla produzione e spazializzazione di mappe per l'intera Valle Telesina.

La relazione fra le altezze medie delle AdS rilevate a terra, le altezze delle AdS stimate mediante il LiDAR è di tipo lineare; pertanto, l'analisi statistica è stata condotta utilizzando il metodo dei minimi quadrati (OLS, *Ordinary least squares*) con un' equazione del tipo:

$$Y = aX$$

con **Y** variabile dipendente, **X** variabile indipendente ed **a** rappresenta il parametro dell' equazione.

I risultati riportati nella seguente tabella mostrano complessivamente l'esistenza di una buona correlazione fra i valori di altezza media (Hm) stimati nelle AdS e le altezze stimate mediante l' analisi LiDAR, in particolare si nota un'ottima correlazione fra l'altezza media Hm e l' altezza massima misurata dal segnale LiDAR (Elev\_Maximum), con un coefficiente di determinazione  $r^2$  corretto, pari a 0,977037

**Tabella 1** - Risultati ottenuti dalle Regressioni lineari semplici con metodo OLS, fra la variabile dipendente Hm rilevata nelle AdS e la variabile indipendente riportata nella prima colonna della tabella. Pertanto,  $a$  rappresenta il parametro stimato della regressione,  $SD$  l'errore standard del parametro,  $p$ -value la significatività statistica del parametro  $a$  (\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ ),  $SSR$  la somma quadratica dei residui,  $RSE$  rappresenta l'errore standard della stima ed infine  $adjusted R^2$  il coefficiente di determinazione ( $r^2$ ) corretto (Teobaldelli, 2013)

Variabile Indipendente	a	SD	p-value	SSR	RSE	adjusted R <sup>2</sup>
Elev_Mean	1.11851	0.0502670	***	311.0989	3.527599	0.951935
<b>Elev_Maximum</b>	<b>0.812145</b>	<b>0.0249013</b>	<b>***</b>	<b>148.6251</b>	<b>2.438238</b>	<b>0.977037</b>
Elev_P10	1.31127	0.172736	***	1958.343	8.850635	0.697432
Elev_P20	1.21231	0.109303	***	1093.200	6.612715	0.831098
Elev_P25	1.18041	0.0851274	***	744.7209	5.457915	0.884939
Elev_P30	1.14735	0.0719961	***	580.0377	4.816794	0.910383
Elev_P40	1.09782	0.0488237	***	304.9624	3.492634	0.952883
Elev_P50	1.05068	0.0392917	***	218.6456	2.957334	0.966219
Elev_P60	1.01131	0.0349912	***	188.0822	2.742861	0.970941
Elev_P70	0.977686	0.0321485	***	170.3512	2.610373	0.973680
Elev_P75	0.961651	0.0310867	***	164.7854	2.567375	0.974540
Elev_P80	0.946668	0.0301269	***	159.8311	2.528486	0.975306
Elev_P90	0.907930	0.0284691	***	155.2750	2.492188	0.976010
Elev_P95	0.882641	0.0274216	***	152.4995	2.469813	0.976439
Elev_P99	0.845074	0.0262495	***	152.4432	2.469357	0.976447

Per la stima della provvigione legnosa sono stati utilizzati, sei diversi modelli, di cui cinque non-lineari (Sit & Poulin-Costello, 1994):

Modello 1: Equazione lineare

$$Y = aX$$

Modello 2: Equazione esponenziale

$$Y = ae^{bX}$$

Modello 3: Equazione esponenziale di tipo II

$$Y = e^{a-bX}$$

Modello 4: Equazione di Schumacher

$$Y = e^{a+\frac{b}{X}}$$

Modello 5: Funzione Potenza

$$Y = aX^b$$

Modello 6: Equazione combinata, esponenziale e funzione potenza

$$Y = aX^b c^X$$

Dove si indicano con **Y** la variabile dipendente, con **X** la variabile indipendente ed **a, b, c** rappresentano i parametri delle varie equazioni:

I sei modelli sono stati testati per il calcolo del volume di ciascuna AdS, a sua volta stimato con le equazioni allometriche disponibili in letteratura (Tabacchi *et al.*, 2011).

Per analizzare le variazioni delle stime del volume (m<sup>3</sup>/ha) presenti nei diversi compartimenti forestali, in funzione delle variazioni di altezza stimate mediante analisi LiDAR nelle AdS, sono state testate come variabili indipendenti l'altezza media, max e quella corrispondente al 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 75°, 80°, 90°, 95° e 99° percentile (Tabella 2). I risultati riportati in Tabella 2 evidenziano un'ottima correlazione fra il valore di altezza media delle aree di saggio, stimato mediante analisi LiDAR ed i volumi ad ettaro delle AdS stimati con le suddette equazioni allometriche (Tabacchi *et al.*, 2011), con un  $r^2$  corretto pari a 0,907.

**Tabella 2** - Risultati ottenuti utilizzando il modello lineare, impostando il volume stimato a terra di ciascuna AdS come variabile dipendente e variabili indipendenti i valori di altezza, stimati mediante analisi dei dati LiDAR nelle AdS (massima, media e 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 75°, 80°, 90°, 95° e 99° percentile). Nella tabella *BIC* rappresenta il *Bayesian Information Criterion*, *LogLik* il maximum log likelihood, *RSE* l'errore standard della stima non-lineare e *adjusted  $r^2$*  è il coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) corretto; infine *a* è il parametro stimato mediante l'analisi di regressione non-lineare, *SD* l'errore standard e *p-value* indica la significatività statistica del parametro (\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ ) (Teobaldelli, 2013).

Variabile Indipendente	BIC	LogLik	RSE	adjusted $R^2$	<i>a</i>		
					Mean	SD	p-value
Elev_Mean	317.0150	-156.8785	102.9722	0.907187	22.9371	1.81296	***
Elev_Maximum	326.9894	-161.8656	124.7452	0.863788	16.0411	1.4487	***
Elev_P30	319.3923	-158.0671	107.7890	0.898301	23.9413	1.92905	***
Elev_P40	319.2538	-157.9978	107.5023	0.898841	22.3978	1.84737	***
Elev_P50	320.8298	-158.7859	110.8104	0.892520	21.2127	1.77885	***
Elev_P60	321.8236	-159.2828	112.9485	0.888332	20.3202	1.7064	***
Elev_P70	322.7058	-159.7238	114.8809	0.884478	19.5744	1.6576	***
Elev_P75	323.0470	-159.8945	115.6373	0.882952	19.2282	1.62867	***
Elev_P80	323.3304	-160.0361	116.2692	0.881669	18.9075	1.60406	***
Elev_P90	324.2272	-160.4846	118.2918	0.877517	18.0845	1.55224	***
Elev_P95	324.7937	-160.7678	119.5875	0.874819	17.5499	1.51684	***
Elev_P99	326.3855	-161.5637	123.3049	0.866915	16.7268	1.49768	***

Quindi, individuata come variabile indipendente l'altezza media rilevata dal LiDAR nelle AdS (Elev\_mean), sono stati testati i sei modelli per la cubatura ed il modello 1 (equazione lineare) è quello che fornisce la migliore stima, con il parametro *a* statisticamente significativo ( $p < 0.001$ ) e BIC (Criterio di informazione Bayesiano) di valore inferiore rispetto a quello calcolato utilizzando gli altri modelli proposti (Tabella 3).

**Tabella 3** - Risultati ottenuti utilizzando i sei differenti modelli (di cui cinque modelli non-lineari corretti per l'eteroschedasticità) *BIC* rappresenta il Bayesian Information Criterion, *LogLik* il maximum log likelihood ed *RSE* l'errore standard della stima non-lineare; infine, *a*, *b*, *c* sono i parametri stimati mediante l'analisi di regressione non-lineare, *SD* l'errore standard e *p-value* la significatività statistica del parametro (\**p* < 0.05; \*\**p* < 0.01; \*\*\**p* < 0.001). Il simbolo “-” è usato nel caso in cui il termine (ad es. Il parametro *c* nelle equazioni 1-4) non è utilizzato nella stima, mentre la scritta *NS* significa Statisticamente non Significativo (*p* > 0.05) (Teobaldelli, 2013).

ID eq.	BIC	LogLik	RSE	a			b			c		
				Mean	SD	p-value	Mean	SD	p-value	Mean	SD	p-value
1) Volume dei fusti e rami ad ettaro (variabile dipendente); Altezze medie delle aree di saggio da dati LIDAR (variabile indipendente)												
1	317.0150	-156.8785	102.9722	22.9371	1.81296	***	-	-	-	-	-	-
2	322.8861	-158.1850	110.5115	121.172	23.0864	***	0.0632727	0.0114439	***	-	-	-
3	322.8861	-158.1850	110.5115	4.79721	0.190526	***	-0.0632727	0.0114439	***	-	-	-
4	321.3634	-157.4236	107.3222	6.82872	0.260762	***	-13.7188	3.21068	***	-	-	-
5	320.2723	-156.8780	105.0939	22.6538	12.0099	*	1.00443	0.200659	***	-	-	-
6	323.5195	-156.8726	107.3318	20.0842	20.0222	NS	1.07696	0.647109	NS	0.995343	0.0488403	***

Quindi, si è proceduto alla creazione di mappe utilizzando complessivamente i dati LiDAR grezzi (370 files in formato LAS). Al fine di permettere l'analisi dell'intero dataset è stato necessario ridurre la risoluzione del file LAS da 1 x 1 cm a 3 x 3 m e mediante il software FUSION è stato possibile creare le mappe raster in formato ENVI, dei volumi e delle altezze dendrometriche di tutta la Valle Telesina con Sistema di riferimento WGS 84/UTM 33N.

**La mappa delle altezze dendrometriche medie dei popolamenti forestali della Valle Telesina** è stata creata utilizzando: il valore di altezza massima di ciascun pixel (con risoluzione pari a 9 m<sup>2</sup>) stimato mediante l'analisi LiDAR ed il valore del parametro *a* dell'equazione precedentemente individuata (vedi Tabella 1); pertanto, il calcolo dell'altezza dendrometrica media, sarà dato dalla seguente equazione:

$$\text{Altezza Media (Hm)} = 0.812145 \cdot \text{Elev\_Maximum}$$

Per quanto riguarda **la mappa dei volumi dendrometrici dei popolamenti forestali della Valle Telesina**, si è proceduto all'analisi dei dati, in cui la variabile indipendente è rappresentata sulla base delle analisi riportate in Tabella 2, dal valore di altezza media (Elev\_Mean), stimata mediante analisi dei dati LiDAR nelle AdS, utilizzando anche in questo caso non i dati LAS con risoluzione di 1 x 1 cm, bensì i raster con risoluzione di 3 x 3 m; pertanto, la variabile dipendente sarà il volume dendrometrico riferito ad un'area di 9 m<sup>2</sup>.

E' importante sottolineare come anche in questo caso la relazione fra la variabile Elev\_Mean ed il volume dendrometrico, viene meglio rappresentata utilizzando un'equazione di tipo lineare. Troviamo infatti come il modello lineare:  $Y = aX$ , sia quello che fornisce la migliore



stima, con il parametro  $a$  di tale equazione, che è risultato quello statisticamente più significativo ( $p < 0.001$ ), rispetto ai parametri delle equazioni con altre forme funzionali. Inoltre, il BIC (Criterio di informazione Bayesiano) del modello 1, è risultato di valore inferiore rispetto a quello calcolato utilizzando altri modelli e tale equazione ha un  $r^2$  corretto maggiore, pari 0,91 (vedi Tebella 4).

**Tabella 4** - Risultati ottenuti utilizzando due differenti modelli: eq.1 modello lineare ed eq.4 modello non-lineare di Schumacher (corretto per l'eteroschedasticità), la variabile dipendente è rappresentata dal volume dendrometrico di ciascuna AdS. Invece, la variabile indipendente è rappresentata dalle altezze medie delle AdS (Elev\_mean), stimate mediante analisi di dati LiDAR. Nella tabella *BIC* indica il *Bayesian Information Criterion*, *LogLik* il maximum log likelihood ed *RSE* l'errore standard della stima non-lineare; infine  $a$  e  $b$ , sono i parametri stimati mediante l'analisi di regressione non-lineare, *SD* l'errore standard e *p-value*, la significatività statistica del parametro (\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ ). Il simbolo “-” è usato nel caso in cui il termine non è utilizzato nella stima mentre *NS* significa Statisticamente Non Significativo ( $p > 0.05$ ) (Teobaldelli, 2013)

ID eq.	BIC	LogLik	RSE	adjusted R <sup>2</sup>	<i>a</i>			<i>b</i>		
					Mean	SD	p-value	Mean	SD	p-value
1) Volume dei fusti e rami (m3/9m2) ( <i>variabile dipendente.</i> ); Altezze medie delle aree di saggio da dati LIDAR con risoluzione 3x3 m ( <i>variabile indipendente</i> )										
1	-49.26655	26.26232	0.089868	0.913159	0.0212556	0.00131097	***	-	-	-
4	-41.27060	23.89340	0.100470	0.566832	-0.222993	0.269445	NS	-12.9037	3.36078	***

Successivamente si è provveduto ad aggregare i suddetti strati informativi divisi in 370 elementi tramite l' utilizzo Quantum GIS<sup>1</sup>.

### 3. Utilizzo del DTM LiDAR per la produzione dei Parametri e degli Indici della DTA "Digital Terrain Analysis"

L'altitudine è la distanza verticale di un oggetto da un livello noto di riferimento, chiamato livello zero, per definire l'altitudine di un oggetto in un territorio nella maggior parte dei casi si fa riferimento al livello del mare; pertanto, la quota geodetica di un determinato punto, rispetto ad un sistema di riferimento orizzontale, convenzionalmente coincide con la distanza verticale di un punto dal livello del mare e l'altitudine si misura in m s.l.m (Wilson *et al.*, 2007).

Un DTM (*Digital Terrain Model*) rappresenta l' andamento delle altitudini del terreno e riproduce le quote della superficie geodetica. Invece, un DSM (*Digital Surface Model*),

<sup>1</sup>per unire i 370 elementi, è stato utilizzato il tool per i dati raster di Q GIS: Unione "gdal\_merge.bat"

rappresenta la superficie terrestre e gli oggetti che la ricopro, al contrario, un DTM rappresenta la superficie terrestre senza gli oggetti che la ricoprono.

Sebbene non ci sia ancora una distinzione ufficiale tra DEM (*Digital Elevation Model*), DSM e DTM, il DEM è dunque solitamente utilizzato in senso generico e comprendere tutti i modelli di elevazione, indistintamente dalla superficie che considerano (DSM o DTM). Tali tipologie di dati vengono prodotte in formato raster.

Come esposto nel paragrafo precedente il DTM che verrà utilizzato per le analisi di questa tesi è stato prodotto dalla ditta Helica, che nel 2011 ha effettuato anche il volo con elicottero.

Il DTM verrà utilizzato per la produzione dei parametri ed indici della DTA (*Digital Terrain Analysis*), che possono essere divisi in quattro diverse tipologie:

- Topografici: Altitudine (DTM), Pendenza ed Esposizione
- Morfometrici: Curvatura in Piano, Curvatura del Profilo e *Topographic Position Index* (TPI)
- Forme di Paesaggio: *Landforms - TPI based*
- con potenziale interesse idrologico: *Catchment area* e *Topographic wetness index* (TWI)

I parametri della DTA sono stati prodotti in formato raster mediante l' utilizzo dei software *open source* SAGA 2.2.2 e Quantum GIS versione 2.10 Pisa, che si basano sulla libreria di GDAL. Nei seguenti paragrafi si esporrà il significato e le metodologie impiegate per la produzione dei parametri della DTA.

### **3.1 Carta delle Pendenze della Valle Telesina**

La pendenza tra due punti è la tangente dell'angolo formato dalla retta che li congiunge e la retta orizzontale. Quindi, è usata per indicare il grado di inclinazione o di ripidità di una superficie rispetto alla retta orizzontale e si può esprimere in gradi sessagesimali (°) o gradi radianti dell' angolo che sottende la tangente o con numero decimale che indica il valore della tangente, oppure più spesso viene espressa in percentuale, ovvero il valore della tangente espressa in percentuale.

La carta delle pendenze della Valle Telesina è stata prodotta utilizzando come unico input il DTM LiDAR con risoluzione di 1 x 1 m. Tramite l' utilizzo del software Q GIS<sup>2</sup> è stato

---

<sup>2</sup> In particolare è stato utilizzato il tool per i dati raster contenuto nell' Analisi Geomorfologia di Q GIS: "Pendenza (slope)"

prodotto tale strato informativo in formato raster GeoTIFF, con risoluzione di 1 x 1 m e la pendenza viene indicata in ciascun pixel con valori in percentuale.

### 3.2 Carta dell' Esposizione della Valle Telesina

L' Esposizione indica la direzione della linea di massima pendenza di un versante o di una superficie più in generale. Si può esprimere in gradi sessagesimali o in radianti, rispetto la direzione dell' azimut-Nord. In aree pianeggianti o semipianeggianti (con pendenza <3 %) si può considerare un dato irrilevante.

La carta dell' Esposizioni della Valle Telesina, è stata prodotta utilizzando come unico input il DTM LiDAR, con risoluzione di 1 x 1 m. Tramite l' utilizzo del software Q GIS<sup>3</sup> è stata prodotto tale strato informativo in formato raster GeoTIFF, con risoluzione di 1 x 1 m e l' esposizione viene indicata in ciascun pixel con valori espressi in gradi sessagesimali (°).

I valori delle esposizioni sono stati raggruppati in classi, con ampiezza di 45°. Pertanto è stata creata una scala numerica, che esprime le esposizioni secondo una rotazione oraria, ovvero i valori più bassi corrispondono alla classe Nord ed i valori più alti a quella Nord-Ovest. Si riportano di seguito le ampiezze delle classi di esposizioni ed i valori numerici di tale scala, verranno utilizzati per analizzare l' effetto di tali classi, inserendo le classi di esposizione tra i parametri topografici, su cui sono state svolte le correlazioni bivariate (vedi par. 8):

Classe Esposizione	Intervalli (°)	Valori Scala
<b>Nord</b>	(337,6 - 22,5)	1
<b>Nord-Est</b>	(22,6 - 67,5)	2
<b>Est</b>	(67,6 - 112,5)	3
<b>Sud-Est</b>	(112,6 - 157,5)	4
<b>Sud</b>	(157,6 - 202,5)	5
<b>Sud-Ovest</b>	(206,6 - 247,5)	6
<b>Ovest</b>	(247,6 - 292,5)	7
<b>Nord-Ovest</b>	(292,6 - 337,5)	8

### 3.3 Carte delle curvature in piano e del profilo della Valle Telesina

La curvatura indica la geometria prevalente di un sito o di un' area, ovvero di quanto un determinata superficie si discosti dall' essere piatta, se si considera la geometria prevalente rispetto alla sezione verticale passante per il punto di osservazione si parla di **Curvatura del Profilo**; invece, rispetto alla sezione orizzontale di **Curvatura in piano**. Quindi, considerando la direzione di massima pendenza di una superficie topografica, la curvatura del

<sup>3</sup> In particolare è stato utilizzato il tool per i dati raster contenuto nell' Analisi Geomorfologia di Q GIS: "Esposizione (Aspect)"

profilo risulta parallela a tale direzione; invece, la curvatura in piano risulta perpendicolare alla direzione di massima pendenza (Olaya, 2004). La pendenza influenza il tasso complessivo di movimento discendente; mentre, l'esposizione determina la direzione del flusso.

La curvatura del profilo influenza l'accelerazione e la decelerazione del flusso; quindi, influenza in modo potenziale l'erosione del suolo o la deposizione di sedimenti. Invece, la curvatura del piano influenza la convergenza o la divergenza di un flusso di acqua e sedimenti in determinati punti. La curvatura in piano e quella del profilo ci permettono di capire con maggiore precisione le dinamiche di un flusso attraverso una superficie. Le informazioni riguardanti la curvatura del profilo e del piano sono molto importanti per comprendere le dinamiche di discesa a valle di acqua e materiale solido di diversa natura (suolo, sedimenti, rocce, ecc., ecc.).

La carte delle curvature in piano e del profilo della Valle Telesina sono state prodotte utilizzando come unico input il DTM LiDAR con risoluzione di 1 x 1 m, tramite l'utilizzo del software SAGA<sup>4</sup> (Olaya, 2004), i due strati informativi sono stati prodotti in formato raster GeoTIFF con risoluzione di 1 x 1 m.

SAGA 2.2.2. esprime i valori di curvatura in numeri decimali, dati dal rapporto in metri lineari di curvatura rispetto al piano o al profilo ogni 100 m (1/100m). I valori positivi di entrambe le curvature identificano le convessità; mentre, valori negativi si rinvencono nelle concavità ed i valori prossimi allo zero, indicano che la superficie in quel punto è lineare.

### **3.4 Carta dell' Indice Topografico di Posizione della Valle Telesina**

Il *Topographic Position Index* (TPI) ci fornisce informazioni sull'altitudine di ciascun pixel di un DTM, rispetto l'altitudine media delle celle intorno alla cella stessa. Valori positivi indicano che la cella è posta più in alto rispetto a quelle che gli stanno intorno; quindi, la cella è su di un crinale o tende ad un crinale. Mentre, valori negativi del TPI indicano che la cella, rispetto a quelle che gli stanno intorno è posta più a valle o in una concavità. Invece, valori prossimi allo zero, indicano che il pixel è sito in un'area pianeggiante o in una zona a pendenza costante (Cimmery, 2010; Olaya, 2004).

La carta del TPI della Valle Telesina è stata prodotta utilizzando come unico input il DTM LiDAR con risoluzione di 5 x 5 m, tramite l'utilizzo del software SAGA<sup>4</sup>, tale strato informativo è stato prodotto in formato raster GeoTIFF con risoluzione di 5 x 5 m.

---

<sup>4</sup> In particolare sono stati utilizzati i tool di Geoprocessing della Terrain Analysis di SAGA contenuti in Terrain Classification: "Slope, Aspect and Curvature" & "Topographic Position Index (TPI)".

Per il calcolo del TPI è stata seguita la procedura proposta da Guisan (1999), con la differenza del calcolo della media (analisi dei residui) proposta da Wilson e Gallant (2000).

Diversi studi evidenziano come il TPI può essere considerata la seconda variabile predittiva in termini di importanza dopo l'altitudine, utile a spiegare le caratteristiche ecologiche e la distribuzione della vegetazione in termini specifici, di determinati siti (Guisan *et al.*, 1999; Weiss, 2000).

### 3.5 Carta delle forme di paesaggio (*Landforms TPI - based*) della Valle Telesina

La carta delle forme di paesaggio della Valle Telesina è stata prodotta utilizzando come unico input il DTM LiDAR con risoluzione di 10 x 10 m, tramite la procedura automatica (solo il DTM come input) proposta da SAGA: "*Landforms - TPI based*"<sup>5</sup>, lo strato informativo è stato prodotto in formato raster GeoTIFF con risoluzione di 10 x 10 m.

Tale metodologia (Guisan *et al.*, 1999; Weiss, 2000) si basa sulla standardizzazione dei valori del TPI (valori dei pixel che ne compongono il grid), su di un valore medio pari a zero e con Deviazione Standard pari ad uno, tale operazione si dovrebbe fare solo se i pixel del grid originale del TPI presentano un valore medio abbastanza vicino a zero. Tale procedura assegna ai vari pixel del grid un valore numerico compreso tra 0 e 9, in base ai valori standardizzati del grid del TPI. Ad ognuno dei valori compresi tra 0 e 9, corrisponde una determinata forma di paesaggio. Quindi, tale *Landforms classification* si basa su 10 differenti forme di paesaggio. In letteratura per la classificazione dei valori dei pixel, in termini di forme del paesaggio, si riporta la seguente classificazione, in cui le definizioni delle diverse *landforms* possono avere un significato più strettamente idrologico, oppure più strettamente geomorfologico:

<b>Lanform - TPI based values</b>	<b>hydrological Classification</b>	<b>geomorphological Classification</b>
0	Deeply Incised Streams	Canyons
1	Midslope Drainages	Shallow Valleys
2	Upland drainages	Headwaters
3	U-shape Valleys	U-shape Valleys
4	Plains	Plains
5	Open slopes	Open slopes
6	Upper Slopes	Mesas
7	Local Ridges	Hills in Valleys
8	Midslope Ridges	Small Hills in Plains
9	High Ridges	Mountain Top

---

<sup>5</sup> In particolare è stato utilizzato il tool di Geoprocessing della Terrain Analys di SAGA contenuto in Terrain Classification: "Topographic Position Index (TPI)".

Seppur tale classificazione è molto utilizzata nella letteratura internazionale (Zawawi *et al.* 2014; Barka *et al.*, 2011; Jennes, 2006; Guisan *et al.*, 1999; Weiss, 2000; Wilson & Gallant, 2000), attualmente la letteratura italiana è carente per quanto riguarda la traduzione delle 10 classi, per identificare le varie *Landforms - TPI based* di SAGA. Quindi, in questo lavoro si è tentato a tradurre in italiano la terminologia internazionale riportata precedentemente, in base all' interpretazione cartografica dei risultati ottenuti (TAVOLA 5 - Geomorfologia (Classificazione TPI based) e alle verifiche empiriche effettuate in campo durante il campionamento pedologico.

Pertanto, si riporta la seguente traduzione italiana delle *Landforms - TPI based*, i valori numerici della scala verranno utilizzati per le correlazioni bivariate (vedi par. 8), inserendo i valori che identificano le varie forme di paesaggio, tra i parametri geomorfologici oggetto di correlazione. I valori inferiori della scala (*Landforms values*), indicano gli impluvi e le concavità ed i valori superiori i crinali (convessità).

<b>Lanforms Values</b>	<b>Inglese</b>	<b>Italiano</b>
0	Streams	Impluvi profondi e Canyon
1	Midslope Drainages	Vallecole ed impluvi poco profondi
2	Upland drainages	Siti superiori di drenaggio montano
3	U-shape Valleys	Piè versante e Valli a forma di U
4	Plains	Pianure e Pianori
5	Open Slopes	Medio Versante
6	Upper Slopes	Alto Versante
7	Local Ridges	Convessità e Crinali isolati in pianure e pianori
8	Midslope Ridges	Convessità e Crinali inferiori
9	High ridges	Crinali

### 3.6 Carta della *Catchment Area* della Valle Telesina

La *catchment area* o *flow accumulation area* è una misura della superficie dell' *upslope*, ovvero è una stima dell' area della superficie che contribuisce potenzialmente ad alimentare i pixel dei raster in termini di flusso idrico e di trasporto di sedimenti solidi e detriti, più l' area del pixel stesso (Wichmann & Becht, 2005; Olaya, 2004), poiché l' unità di misura della superficie di ciascun pixel dei raster utilizzati nello studio in questione è il m<sup>2</sup>, la *catchment area* verrà espressa in m<sup>2</sup>. L' algoritmo utilizzato per il calcolo della *catchment area* è un algoritmo di *flow routing*, che si basa su di un metodo di distribuzione, secondo il quale il flusso si muove attraverso il centro dei pixel del DTM, con assunzione di distribuzione multipla, divergente e ramificata del flusso, chiamata *Multiple flow direction*.

Come metodo di processamento del DTM è stato scelto il *Parallel Processing*, tramite il quale i pixel del DTM vengono raggruppati e processati a partire dai pixel posti più in quota e più in alto, procedendo verso i pixel più in basso e a minore quota. L' algoritmo scelto per il calcolo della *catchment area* è un algoritmo di tipo FD8, che in SAGA viene indicato solo come "*Multiple Flow Direction*".

Per comprendere il significato di tale algoritmo si deve esporre brevemente l' approccio classico dell' algoritmo di distribuzione lineare del flusso *Deterministic 8* (D8), che si basa sull' assunzione che il flusso si muove dal centro di una cella al centro della cella più vicina posta più in basso, in cui viene rilevato un gradiente di maggiore ripidità (O'Callaghan & Mark, 1984). Le direzioni del flusso sono limitate per pendenze superiori a 45° e questa limitazione è la ragione principale della maggior parte degli svantaggi di questo metodo. A differenza del D8 l' FD8 permette flussi divergenti e ramificati ed è un algoritmo di *flow routing* bidimensionale (Quinn *et al.*, 1991). Il flusso si distribuisce verso tutti i pixel vicini, posti più in basso e a minore quota, con direzione multipla del flusso e le porzioni di flusso che arrivano ad ogni pixel vicino, sono calcolate in base al peso della pendenza di ciascun pixel (Freeman, 1991).

La carta della *Catchment area* della Valle Telesina è stata prodotta utilizzando come unico input il DTM LiDAR con risoluzione di 5 x 5 m, tramite la procedura automatica (solo il DTM come input) proposta dai geoalgoritmi di SAGA contenuti nella Toolbox di Q GIS: "*Catchment area (parallel)*"<sup>6</sup>, lo strato informativo è stato prodotto in formato raster GeoTIFF con risoluzione di 5 x 5 m.

Per quanto riguarda la produzione dei raster relativi alla *Catchment Area*, il DTM di Input prima di essere utilizzato per il calcolo della *Catchment Area*, è stato preparato e reso idoneo per le analisi idrologiche, tramite il tool di *pre-processing* di SAGA *Sink Removal*<sup>7</sup>, per eliminare i pixel definiti "*pits*", ovvero un pixel o gruppi di pixel che sono circondati solo da pixel con maggiore altitudine. In tali condizioni gli algoritmi di *flow routing* vanno incontro a distorsioni, pertanto questi pixel devono essere appianati con procedure tipo il *Sink Removal*.

### **3.7 Carta del *Topographic Wetness Index* (TWI) della Valle Telesina**

Il *Topographic Wetness Index* (TWI), conosciuto anche come *Topographic Index* o *Wetness Index*, è un indice che indica la tendenza di un pixel a produrre deflusso potenziale, più è alto il valore

---

<sup>6</sup> La Catchment Area è stata prodotta mediante la Toolbox del processing di Quantum GIS, selezionando tra i geoalgorithms di SAGA quelli relativi alla "Hidrology" della Terrain Analys in particolare: "Catchment area parallel".

<sup>7</sup> In particolare è stato utilizzato il tool di Geoprocessing della Terrain Analys di SAGA contenuto in Processing: "Sink Removal".

di tale indice in un pixel, maggiore sarà l'umidità del suolo potenzialmente osservabile all'interno del pixel stesso.

Il valore del TWI di un pixel dipende dai valori di *Catchment area* e della Pendenza (*Slope*)<sup>8</sup>, con la procedura utilizzata in questa tesi il TWI è stato calcolato con la seguente formula (Olaya, 2004):

$$TWI = \frac{CA}{\ln S}$$

Dove CA indica la *Catchment Area*, ed S la pendenza.

Il TWI utilizzato in questo studio si basa sul modello idrologico di tipo TOPMODEL (Beven *et al.*, 1984), che considera l'umidità potenziale del suolo e la tendenza potenziale del pixel a produrre deflusso, dal momento che le aree con elevato tasso di umidità sono più inclini a diventare sature.

La carta del TWI della Valle Telesina è stata prodotta utilizzando il software SAGA<sup>9</sup> e sono stati immessi come input la Pendenza con risoluzione di 5 x 5 m prodotta dal DTM sottoposto a *Sink Removal* e la *Catchment Area*, anch'essa con risoluzione di 5 m. Tale strato informativo è stato prodotto in formato raster GeoTIFF con risoluzione di 5 x 5 m.

---

<sup>8</sup> Anche il DTM utilizzato per la produzione del raster delle pendenze da utilizzarsi per il calcolo del TWI è stato sottoposto al pre-processing di SAGA "Sink Removal".














<sup>9</sup> In particolare è stato utilizzato il tool di Geoprocessing della Terrain Analysis di SAGA contenuto in Hydrology alla sezione Topographic Indices: "Topographic Wetness Index"



**Tavola 5 -  
Geomorfologia  
(Classificazione:  
TPI based)**



**Legenda**

-  Area di Studio
- Landform (10 x 10m)
-  Streams
-  Midslope Drainages
-  Upland drainages
-  U-shape Valleys
-  Plains
-  Open Slopes
-  Upper Slopes
-  Local Ridges
-  Midslope Ridges
-  High ridges
- Hillshade Lidar (5 x 5m)
-  90.5243
-  244.798

0.57 0 0.57 1.14 1.71 2.28 km



**1:57.000**

#### 4. Analisi GIS Preliminare al campionamento pedologico

L'analisi GIS preliminare ha avuto l'obiettivo principale di individuare i transetti ed i punti, su cui svolgere le trivellate della prima fase del campionamento pedologico e successivamente i transetti su cui svolgere i saggi di profondità (seconda fase del campionamento pedologico). In questa fase iniziale, sono stati presi in considerazione solo il faggio ed il castagno. Il faggio governato a fustaia ed il castagno governato a ceduo, sono entrambe due specie di latifoglie molto esigenti dal punto di vista edafico (Bernetti, 1995), a differenza dei carpini e dell'orniello, specie dominanti degli orno-ostrieti. Quindi, dalla Carta Forestale della Valle Telesina (Tavola 4 - Carta Forestale), sono stati individuati i poligoni che definiscono il perimetro dei castagneti cedui e delle fustaie di faggio ricadenti nell'area di Studio.

I transetti ed i punti su cui campionare le trivellate sono stati individuati tramite fotointerpretazione. Una volta ottenuti i parametri della DTA, questi sono stati utilizzati per individuare tali punti sui cui effettuare le trivellate. In particolare, sono stati presi in considerazione le *Landforms* (Ris. 10 x 10 m), l'altitudine (Ris. 1 x 1 m), le pendenze (Ris. 1 x 1 m), l'esposizione (1 x 1 m) ed infine, l'*hillshade* del DTM con risoluzione di 1 x 1 m, prodotto con Quantum GIS<sup>10</sup> per ottenere una visione in 3-D dei territori che si andavano ad affrontare. La scelta della localizzazione e della direzione dei transetti e dei punti su cui effettuare le trivellate, è stata determinata dalle variazioni del volume e delle altezze dendrometriche all'interno di uno stesso ambiente geomorfologico, che presentava parametri topografici e morfologici con andamento dei valori simili e che probabilmente erano dovute a variazioni pedologiche. Pertanto, i transetti sono stati individuati in diversi contesti geomorfologici, in siti posti a differenti altitudini, esposti diversamente e caratterizzati da pendenze diverse e a questi differenti contesti topografici e di paesaggio, probabilmente corrispondevano differenze pedologiche che andavano individuate ed analizzate. Tale procedimento empirico fotointerpretativo risulta essere la logica e l'obiettivo principale dell'analisi GIS preliminare al campionamento pedologico. Sia i transetti su cui campionare le trivellate e successivamente quelli su cui sono stati effettuati i saggi della profondità del suolo (vedi par. 9), in cui sono stati esaminati anche gli orno-ostrieti cedui (oltre al faggio e al castagno), sono stati individuati in ambiente GIS tramite tali ragionamenti.

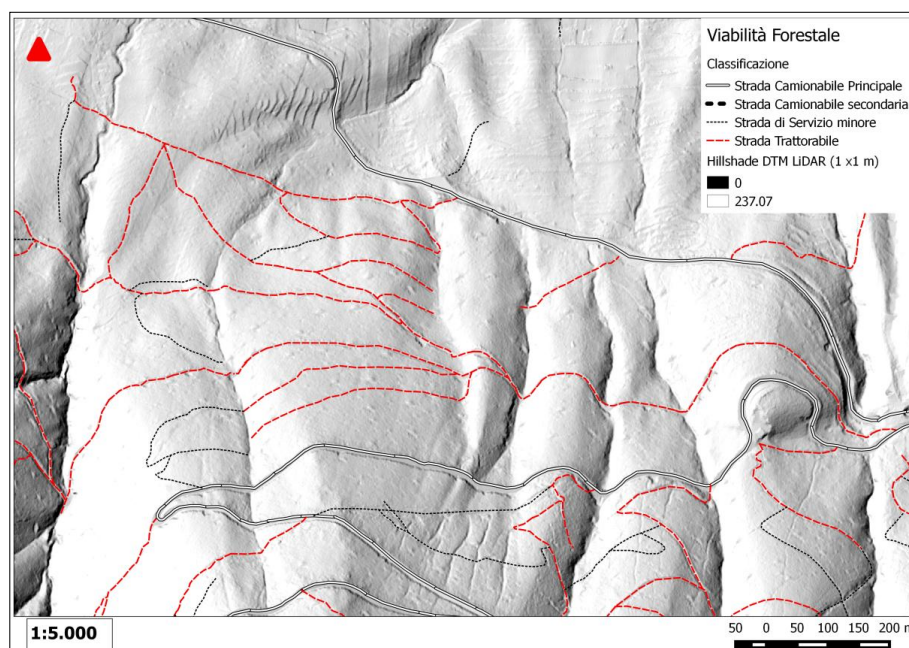
---

<sup>10</sup> In particolare è stato utilizzato il tool per i dati raster contenuto nell'Analisi Geomorfologia di Q GIS: "Ombreggiatura"



Inoltre, per raggiungere agevolmente i siti oggetto di campionamento è stata consultata la Carta della Viabilità Forestale della Valle Telesina (Valentini, 2014), digitalizzata in Scala 1:2.000 sull' Hillshade del DTM LiDAR con risoluzione di 1 x 1 m e che si basa sulla classificazione di Hippoliti, 2003.

**Figura 1** - Viabilità forestale della Valle Telesina disponibile nel DSS di SoilConsWeb alla Sezione Cartografia Tecnica.



All' interno dei castagneti sono stati individuati e svolti 15 transetti e 56 trivellate; quanto alle faggete, sono stati individuati 5 transetti e sono state effettuate 23 trivellate. Per una visione di dettaglio della localizzazione e delle variazioni dendrometriche che caratterizzano gli ambienti in cui sono state effettuate le trivellate in faggeta e nei cedui di castagno, si rimanda alla visione delle figure che verranno esposte nel prossimo capitolo (vedi Cap. Risultati - par. 1.1 e 2.1).

#### 4.1 Individuazione dei Soprassuoli Coetanei

In base quanto esposto precedentemente (vedi Capitolo 1), in generale un *Site Index* può essere definito come il valore medio di una metrica forestale specie-specifica, che può essere l' altezza media o dominante, l' accrescimento medio annuo o la provvigione di un soprassuolo forestale, che esprime la fertilità o la produttività di una determinata area forestale in funzione di determinati *Site Factors* (es. caratteristiche pedologiche, geomorfologiche, etc.), che caratterizzano un' ecosistema forestale, su cui vegeta un soprassuolo avente una precisa età.

Per lo studio in questione sono stati presi in esame due *Site Indices*: l' altezza dendrometrica media ed il Volume dendrometrico medio (all' interno dei pixel) stimati con il LiDAR.

I soprassuoli in cui è stato svolto il campionamento pedologico, sempre in base alla tipologia forestale esaminata, elemento discriminante, possono essere considerati coetanei.

Per quanto riguarda le faggete del Camposauro, come esposto precedentemente (vedi Cap. 3, par. 7.3), in tutti i siti in cui è avvenuto il campionamento, si presentavano come fustaie agamiche pure derivanti dalla conversione dei cedui di faggio, presentano struttura monoplana, sono in pieno regime produttivo, in quanto sono state diradate e trattate a tagli successivi uniformi, data la presenza diffusa di novellame, di recente hanno subito dei tagli, probabilmente di preparazione (Foto 1 e Foto 2), in quanto la rinnovazione per ora, si è affermata solo a tratti.

**Foto 1 e Foto 2** - Nella foto di sinistra si osserva la Fustaia di faggio diradata di recente (Particella N° 11 del PAF Comunale di Vitulano) con ceppaia di una pianta abbattuta osservabile in basso al centro; invece, nella foto di destra sulla ceppaia è ancora ben visibile l' impronta del martello forestale.



Quindi, in base alla descrizione strutturale dei soprassuoli di faggio, osservata durante il campionamento, dallo studio del PAF comunale di Vitulano (2005/2014) e dall' osservazione della Carta silografica di tale piano, le faggete oggetto di studio possono essere considerate adulte, coetanee o coetaneiformi e con un' età presumibilmente superiore a 80 anni.

Invece, per quanto riguarda le due tipologie forestali trattate a ceduo, in questa prima fase è stato preso in considerazione solo il castagno, ma nella seconda fase verrà preso in considerazione anche l' orno-ostrieto, i transetti su cui svolgere le trivellate e successivamente i saggi di profondità, sono stati scelti, sia consultando la carta silografica del PAF di Vitulano sia tramite foto-interpretazione.

L'età dei soprassuoli cedui, secondo i principi di un assestamento basato sulla Selvicoltura Sistemica, rientra tra i fattori discriminanti nel definire una particella forestale o sezione di taglio, in fase di pianificazione degli interventi soggetti a Piano di Assestamento Forestale (Ciancio e Nocentini, 2004). Quindi, la maggior parte delle trivellate svolte sui soprassuoli cedui di castagno, sono state svolte all'interno di particelle forestali del PAF Vitulano (2004/2005), non ancora utilizzate e che presentavano età prossime; in particolare, le osservazioni campionarie sono state concentrate all'interno della particella forestale N° 6 del suddetto PAF, ovvero 43 trivellate pari al 79,79% delle trivellate su castagno. Si riporta la divisione delle trivellate per particella forestale nella seguente tabella.

**Tabella 5** - Ripartizione delle trivellate eseguite su castagno in base al regime di proprietà e pianificazione degli interventi selvicolturali.

Particella	N° Trivellate	Tasso Osservazioni
N° 6 PAF Vitulano	43	76,79%
N° 3 PAF Vitulano	3	5,36%
N° 4 PAF Vitulano	2	3,57%
Particelle catastali private	8	14,29%
<b>TOTALE</b>	<b>56</b>	<b>100%</b>

Per quanto riguarda la digitalizzazione dei transetti e dei punti su cui effettuare le trivellate, oltre ad individuare apprezzabili variazioni dei due *Site Indices* in determinati contesti geomorfologici e topografici, tramite una logica fotointerpretativa, consultando le ortofoto con diverse date di volo, sono state individuate zone in cui le differenze di età tra i vari transetti del campionamento pedologico fossero esigue. In particolare sono state consultate le seguenti ortofoto:

- Ortofoto AGEA 2012
- Ortofoto LiDAR 2011
- Ortofoto Google Earth: 2002, 2006, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015
- Ortofoto Geoportale Nazionale in servizio WMS, con relative date di volo che nell'area di studio sono state scattate nel: 1989, 1997, 1998 e 2006
- Ortofoto IGMI: 1980, 1985

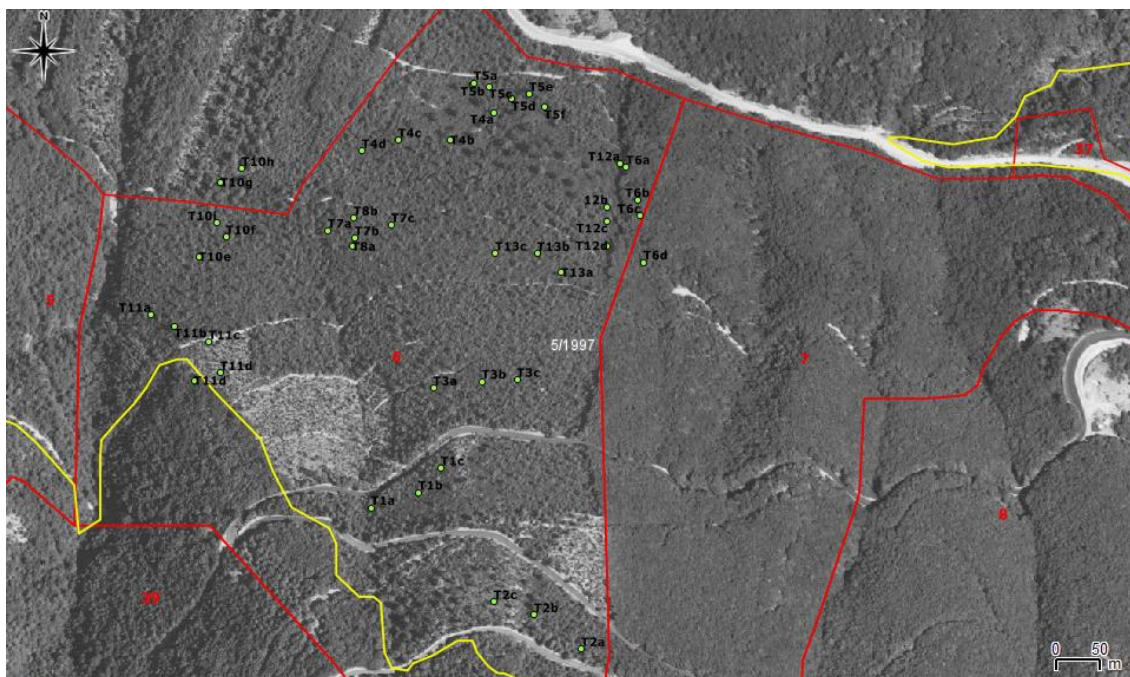


Quindi, i transetti eseguiti sui boschi cedui di castagno e sugli orno-ostrieti cedui, in base alle verifiche effettuate tramite l'osservazione delle ortofoto scattate in diversi anni, sono stati implementati sotto soprassuoli cedui di castagno e misti, che presentavano esigue differenze di età. Al paragrafo 9, verranno esposte le statistiche descrittive relative all'età dei boschi cedui di castagno e degli orno-ostrieti cedui oggetto di campionamento pedologico.

Per una visione di dettaglio della localizzazione delle trivellate effettuate in faggeta e nei cedui di castagno, si rimanda alla visione delle figure che verranno esposte nel prossimo capitolo (vedi Cap. Risultati - par.fi 1.1 e 2.1), in cui si riportano anche i poligoni della Particelle Forestali del suddetto PAF.

Si riporta a titolo esplicativo la seguente figura, in cui si espone in modo chiaro com'è avvenuta la scelta delle zone in cui effettuare le trivellate in base all'età dei boschi cedui di castagno, durante la fase fotointerpretativa.

**Figura 2** - Ortofoto risalente al 1997 disponibile sul servizio WMS del Geoportale Nazione e riportata in viewer Q GIS. I punti in verde indicano le trivellate georeferenziate, le linee rosse il particellare del PAF di Vitulano (2005/2014) e quelle gialle il perimetro dei cedui di castagno. La maggior parte delle trivellate eseguite sul castagno sono state svolte all'interno della particella n° 6, che è stata utilizzata tra l'autunno e l'inverno del 1995 e la primavera del 1997. Quindi, al 2011 (Volo Lidar) il bosco ceduo della particella n° 6 presenta un'età di 14-15 anni (in termini di stagioni vegetative).



Una volta individuate le zone dove effettuare i transetti, ovvero dove sono state notate particolari variazioni dendrometriche in determinati contesti geomorfologici e topografici, dovute a probabili variazioni pedologiche e laddove i soprassuoli esaminati risultavano abbastanza coetanei, si è proceduto a georeferenziare i transetti ed i punti che dovevano identificare le trivellate in formato vettoriale GPX<sup>11</sup> e successivamente i gpx sono stati importati su GPS modello Garmin Oregon 600 t.

## 5. Il Campionamento Pedologico (Prima Fase: Trivellate)

Una volta individuati i transetti ed i punti su cui effettuare le trivellate, secondo la logica esposta nel paragrafo precedente, mediante l' ausilio della cartografia prodotta e del GPS, durante il campionamento sono stati individuati in campo i transetti ed i punti su cui effettuare le trivellate. Individuati in bosco i punti esatti in cui effettuare le trivellate, si è proceduto alla loro georeferenziazione, tramite il suddetto strumento GPS. La densità di campionamento è stata mediamente pari a 30 m ogni trivellata lungo il transetto.

Le trivellate sono state effettuate mediante apposita trivella manuale complessivamente lunga 130 cm, predisposta per l' attacco di una prolunga di 100 cm e campionatore intercambiabile con punte larghe 10 o 20 cm, in base alla difficoltà di campionamento (Foto 3 e Foto 4). Pertanto si è provveduto al prelievo dei campioni fino alla roccia madre o fino 2,30 m, la profondità massima esplorabile dalla trivella con prolunga.

**Foto 3 e Foto 4** - Campionamento di una trivellata eseguita su suolo molto profondo dei cedui di castagno



<sup>11</sup> I transetti ed i punti che dovevano identificare le trivellate sono stati digitalizzati tramite Q GIS, in formato GPX con sistema di riferimento WGS84, un formato compatibile con i dispositivi Garmin. I punti sono stati georeferenziati come *waypoints*, invece i transetti come linee in formato *routes & tracks*.

Successivamente si è provveduto al riconoscimento, alla classificazione dei vari orizzonti pedologici prelevati con la trivella a differenti profondità e ad annotarne i limiti (profondità massima e minima di ciascun orizzonte), secondo le definizioni della *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006) e della WRB (FAO, 2006). I dati osservati relativi alla trivellata e alla stazione in cui è stata prelevata la stessa, sono stati annotati su apposita scheda per il rilevamento delle trivellate (Immagine 1).

Infine, i vari campioni sono stati imbustati per essere trasportati in laboratorio, dove sono stati sottoposti alle stime speditive di campagna e ad analisi chimiche.

**Immagine 1** - Scheda di campo per la descrizione delle trivellate e delle caratteristiche stazionali

Scheda Trivellata		N° Trivellata
Transetto		
Località		
Rif. Cartografico		
Data		
Pendenza	Quota	
Uso del Suolo		
Rilevatori		
<b>Orizzonte</b>		
<b>Limiti (cm)</b>	<div>Superiore</div> <div>Inferiore</div>	
<b>Colore</b>		
<b>Umidità</b>	<div>Asciutto</div> <div>Umido</div> <div>Bagnato</div>	
<b>Effervescenza (HCl)</b>	<div>Non Calcareo</div> <div>Molto Scar. Calcareo</div> <div>Scar. Calcareo</div> <div>Calcareo</div> <div>Molto Calcareo</div>	
<b>Struttura</b>	Quantità %	
	Contrasto	<div>Poco evidenti</div> <div>Evidenti</div> <div>Molto evidenti</div>
	Colori	
<b>Tessitura</b>	Scheletro Vol. %	
<b>Concrezioni</b>	<div>Quantità %</div> <div>Tipo</div> <div>Carbonati</div> <div>Fe - Mn</div>	
<b>Note</b>		

## 6. Stime di campagna

Sui campioni degli orizzonti di tutte le trivellate prelevate in faggeta e sui castagneti, sono state eseguite le analisi speditive di campagna, necessarie alla descrizione morfometrica delle trivellate. In particolare, oltre ai limiti di ciascun orizzonte, come già effettuato in bosco,



sono stati descritti: il colore, lo scheletro, la tessitura e sono state effettuati i test di reazione all' HCl e all' NaF.

Per le stime di campagna sono state seguite le procedure esposte nella letteratura italiana (Costantini, 2007; Sanesi, 1977).

Per i risultati delle stime di campo relative alle 56 trivellate effettuate sul castagno, si rimanda all' ALLEGATO 1 della tesi in questione; invece, per quelle relative al faggio, si rimanda all' ALLEGATO 2.

### **6.1 Effervescenza all' HCl**

I sali nel suolo spesso possono presentarsi finemente dispersi nella sua massa e si rendono difficili da osservare. Pertanto, se si vanno ad analizzare i carbonati, è possibile rilevarne la presenza con il test dell' effervescenza all' HCl, provocata dalla rapida liberazione di CO<sub>2</sub>.

Il metodo per stabilire il grado di effervescenza prevede l'utilizzo di acido cloridrico diluito al 10%. Bisogna fare attenzione al fatto che, con tale metodo, valori di carbonati superiori al 10% non sono valutabili in campagna.

Quindi, la presenza di piccole quantità di carbonati e calcari nel suolo, con tale metodo saranno apprezzate osservando la reazione visiva e uditiva, che avranno i piccoli campioni di suolo all' effetto provocato da poche gocce di acido cloridrico.

**Tabella 6** - Gradi di effervescenza dei campioni di suolo alla reazione con l' HCl e criteri per la sua identificazione (Sanesi 1977)

Descrizione di campagna e limiti dei gruppi	Effetti all'udito (campione tenuto vicino all'orecchio)	Effetti alla vista
Non calcareo (meno dello 0,5%)	Nessuno	Nessuno
Molto scarsamente calcareo (0,5-1%)	Da indistinto fino a scarsamente udibile	Nessuno
Scarsamente calcareo (1-5%)	Da indistinto fino a moderatamente udibile	Debole effervescenza limitata a singoli granuli, appena visibili
	Da moderatamente a distintamente udibile; si ode distante dall'orecchio	Debole effervescenza generale visibile ad una attenta osservazione
Calcareo (5-10%)	Facilmente udibile	Moderata effervescenza; bolle evidenti fino a 3mm di diametro
Molto calcareo (più del 10%)	Facilmente udibile	Forte effervescenza generale; ovunque bolle, fino a 7 mm di diametro, facilmente visibili

## 6.2 Reazione all' NaF

Per valutare le proprietà andiche dei vari orizzonti oltre al pH in NaF, è stata effettuata una prima verifica di campo, utilizzando una soluzione di NaF diluito, con gocce versate in campioni di suolo posti su di un filtro Whatman, asciutto e precedentemente imbevuto di fenoftaleina.

Pertanto, il grado di andicità dei vari campioni veniva stabilito in base a quanto gli aggregati dei campioncini di suolo si disaggregavano ed al grado di colorazione violacea, che assumevano i campioni: più il campione si disgregava e diveniva viola scuro, maggiore era il suo grado di andicità.

In base al grado più o meno manifestato delle suddette reazioni, a cui andavano incontro i campioni, è stata elaborata una scala per definirne il grado andicità. Tale scala è stata creata per questa tesi e non è disponibile in letteratura. Quindi, in base a quanto già esposto per il test di campo dell' effervescenza all' HCl per analizzare la presenza di carbonati, si è tentato di creare la seguente scala di valori descrittivi:

**Tabella 7** - Gradi di reazione dei campioni di suolo al test di campo con l' NaF e criteri per l' identificazione del grado di andicità dei campioni stessi

Descrizione di Campagna	Effetti alla Vista
Non Andico	I campioni non si disgregano e non virano di colore
Molto Scarsamente Andico	I campioni non si disgregano e virano leggermente verso il viola
Scarsamente Andico	I campioni si disgregano appena e virano verso il viola
Andico	I campioni si disgregano e virano fino ad assumere una colorazione viola intenso
Molto Andico	I campioni si disgregano in modo accentuato e virano fino ad assumere una colorazione viola scuro

## 6.3 Determinazione del Colore

Il colore degli orizzonti esaminati, è stato determinato allo stato umido, mediante l' utilizzo delle tavole colorimetriche Munsell (*Munsell Soil Color Charts*) (Munsell, 2000), in condizioni di luce naturale, non esponendo il campione direttamente alla luce solare.

Ciascun colore è contraddistinto da una sigla (es. 7,5 YR 5/8), che descrive quantitativamente tre proprietà: *hue*, colore dominante o tinta (7,5YR); *value*, luminosità (5/) e *chroma*, tono del colore (/8). Per *hue* si intende il colore dominante dello spettro ed è in relazione con la lunghezza d'onda dominante della luce: rosso, giallo, verde, blu o violetto (Costantini, 2007).

Il *value* si riferisce alla luminosità relativa del colore e varia da 1 (scuro) a 8 (chiaro). Il *chroma* è dato dalla purezza o "potenza" del colore e varia da 1 a 8 con il diminuire del grigio (Costantini, 2007).

#### 6.4 Stime della Tessitura di campo

In questo lavoro sono state utilizzate le classi tessiturali (*textural class*), così come definite nella tassonomia americana (Soil Survey Staff, 2006), cui si rimanda per approfondimenti, mentre di seguito ne sono indicate solo le informazioni principali. La classe tessutturale si basa sulla percentuale in peso della frazione con un diametro inferiore a 2,0 mm. Invece, le classi granulometriche (*particle-size class*) si riferiscono all'intero suolo includendo "terra fine" e scheletro (frammenti grossolani), fino alla dimensione del *pedon*, ma esclude sostanza organica e sali più solubili del gesso.

Gli elementi che costituiscono la terra fine, che è la porzione che a sua volta costituisce la tessitura di un suolo, vengono suddivisi in classi diametriche, che secondo le misure delle particelle riportate dal triangolo della USDA, presentano la seguente classificazione:

**Tabella 8** - Dimensioni e denominazioni delle particelle di terra fine secondo il triangolo USDA.

<i>Particella</i>	<i>Classe (mm)</i>
Argilla	<0,002
Limo	0,002-0,050
Sabbia molto fine	0,050-0,100
Sabbia fine	0,100-0,250
Sabbia media	0,250-0,500
Sabbia grossolana	0,500-1,0
Sabbia molto grossolana	1,0-2,0

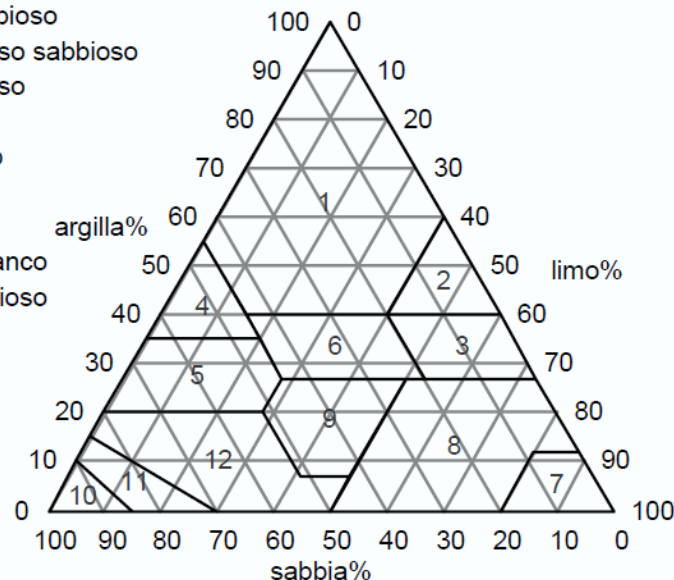
Le stime della tessitura di campo, dal punto di vista operativo sono state effettuate nel seguente modo (Immagine 3): un campione di terra con quantità di circa un cucchiaino, va bagnato fin quasi al limite di liquidità e lavorandolo tra pollice, indice e medio, si cerca di farlo diventare una pasta omogenea. Dopo aver eliminato i pezzetti di scheletro si cerca di stabilire anzitutto la sensazione prevalente. La sabbia si sente soprattutto quando il campione è molto bagnato e provoca la sensazione di grattare, se grossa, o di smerigliare, se fine; se in quantità limitata può essere meglio apprezzata passando l'indice con un po' di pasta liquefatta sulla parte larga del coltello. Il limo conferisce la sensazione di saponosità e di scivolosità al campione; tale frazione è molto plastica, ma non adesiva ed asciugandosi è simile al talco, non aderisce alle dita e si stacca facilmente. L'argilla si sente quando il campione comincia ad asciugare, è fortemente adesiva, oltre che plastica, si attacca alle dita e quando si asciuga, si stacca difficilmente. Usando la trivella in un suolo umido, la tessitura argillosa è riconoscibile dalla brillantezza delle superfici delle carote prelevate. Quindi si può procedere alla stima

delle percentuali di sabbia, limo e argilla. Poiché il contenuto in limo è in alcuni casi mascherato dalla presenza di molta sostanza organica o di carbonati, è meglio stimare anzitutto la sabbia e l'argilla e ricavare il limo per differenza. La stima della tessitura può essere resa più agevole facendo riferimento alle classi tessiturali, con le quali è possibile restringere il campo di variazione dei valori percentuali (Immagine 2)

**Immagine 2** - Triangolo delle tessiture con le 12 principali classi (USDA, 2006)

**Classi USDA:**

- 1: argilloso
- 2: argilloso limoso
- 3: franco argilloso limoso
- 4: argilloso sabbioso
- 5: franco argilloso sabbioso
- 6: franco argilloso
- 7: limoso
- 8: franco limoso
- 9: franco
- 10: sabbioso
- 11: sabbioso franco
- 12: franco sabbioso



Le analisi delle granulometrie sui suoli andici risultano difficili e presentano documentati problemi di dispersione (Nanzio *et al.*, 1993; Mizota & Van Reeuwijk, 1993) ai normali reattivi utilizzati nelle metodiche ufficiali per l'analisi granulometrica, che funzionano bene per gli altri tipi di suoli (il Na-esametafosfato è l'agente disperdente raccomandato, che segue gli standard internazionali ISO per l'analisi granulometrica). Negli Andosuoli, l'uso di questo disperdente porta ad una sottostima della frazione argillosa (Vingiani & Terribile, 2007). Dal punto di vista chimico, gli aggregati di tali suoli sono molto difficili da disperdere in laboratorio, a causa delle alte cariche pH dipendenti (Mizota & van Reeuwijk, 1989). Pertanto, si è scelto di usare le classi per la stima della tessitura di campo.

Per le analisi statistiche che verranno esposte nei paragrafi e nei capitoli successivi, è stata utilizzata la seguente scala numerica, dove i valori numerici superiori, corrispondono a tessiture più grossolane ed i valori inferiori a tessiture più fini. Si riporta sinteticamente di

seguito la scala relativa alla tessitura e i valori numerici della scala, verranno utilizzati per le correlazioni bivariate (vedi par. 8):

<b>Tessitura (USDA, 2006)</b>	<b>Classe</b>	<b>Scala</b>
Argilloso	A	1
Argilloso-Limoso	AL	2
Argilloso-Sabbioso	AS	3
Franco-Argilloso	FA	4
Franco - Argilloso - Limoso	FAL	5
Franco - Argilloso - Sabbioso	FAS	6
Limoso	L	7
Franco-Limoso	FL	8
Franco	F	9
Franco-Sabbioso	FS	10
Sabbioso-Franco	SF	11
Sabbioso	S	12

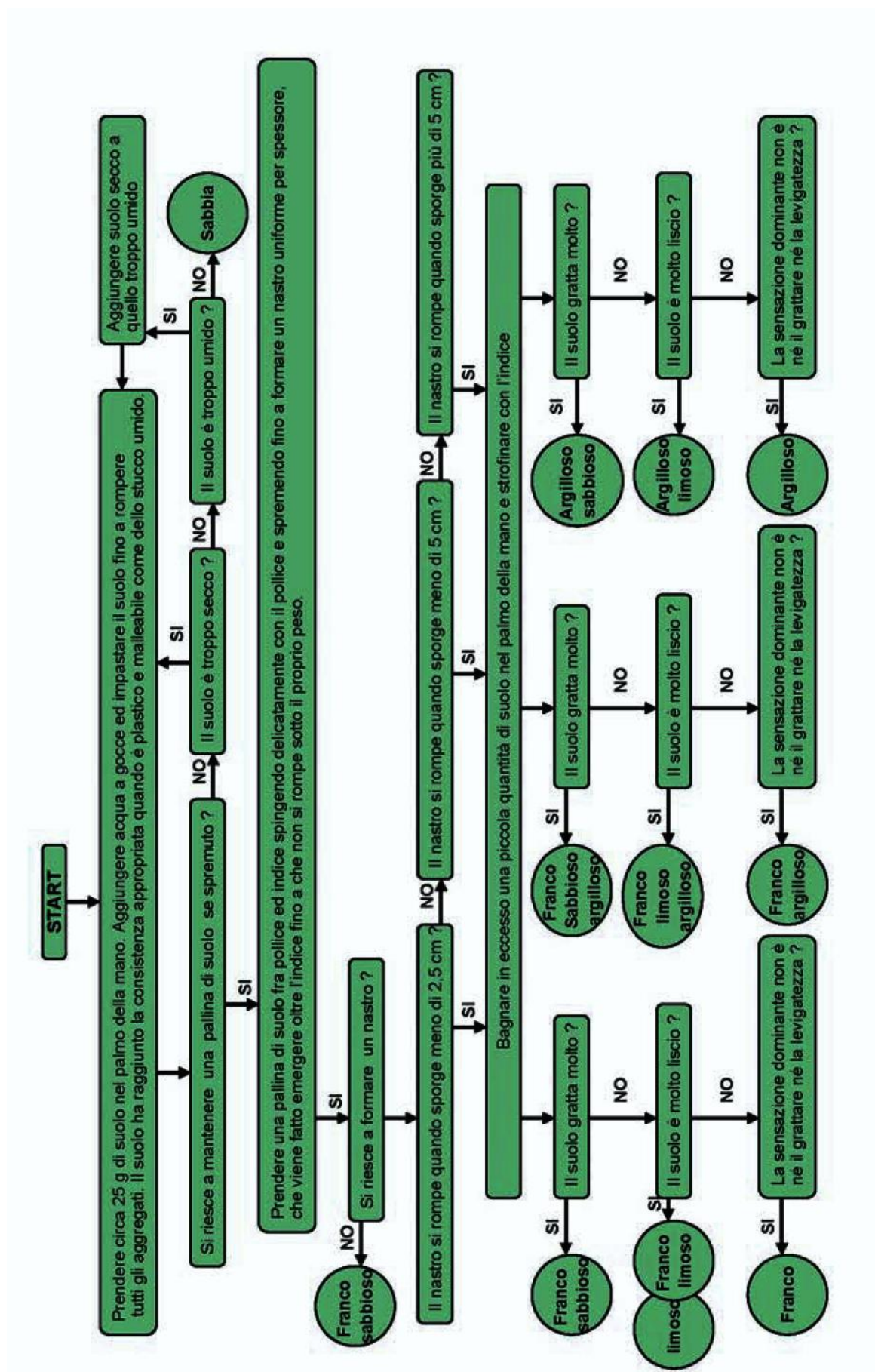
### **6.5 Stime dello scheletro in campo**

Per quanto riguarda la stima dello scheletro, ovvero della frazione grossolana, rappresentata da particelle con diametri superiori a 2 mm, si è provveduto alla stima della sua abbondanza all'interno dei campioni, espressa in classi, che ne indicano il range percentuale.

Anche per lo scheletro, in funzione delle analisi statistiche che verranno esposte nei paragrafi e nel capitolo successivi, è stata utilizzata la seguente scala numerica, dove i valori numerici superiori, corrispondono a percentuali più elevate di scheletro ed i valori inferiori a percentuali più basse. Se il carattere è assente viene indicato con zero. Si riporta sinteticamente di seguito la scala relativa allo scheletro, i valori numerici della scala verranno utilizzati per le correlazioni bivariate (vedi par. 8):

<b>Classe</b>	<b>Abbondanza</b>	<b>SCALA</b>
Assente	<1%	0
Scarso	1-5%	1
Comune	5-15%	2
Frequente	15-35%	3
Abbondante	35-70%	4
Molto Abbondante	>70%	5

Immagine 3 - Schema semplificato per la stima della tessitura di campo (Costantini, 2007)



## 7. Analisi chimiche

Le trivellate selezionate per le analisi chimiche sono state complessivamente tredici, di cui quattro campionate in faggeta e nove sui castagneti. Il procedimento alla base della scelta delle trivellate può essere diviso in due fasi, dapprima per ciascuno dei 20 transetti, è stata selezionata la trivellata che presentava il maggior numero di orizzonti e la sequenza più complessa, come la presenza di un set di orizzonti completo o presenza di orizzonti particolari (es. Bt, ABb), poco presenti nelle altre trivellate. Successivamente sono state selezionate le trivellate rappresentative di particolari ambienti geomorfologici e caratterizzate da diversi valori dei parametri dendrometrici.

Gli orizzonti di tali trivellate sono stati sottoposti alle seguenti analisi chimiche: pH in  $H_2O$ , pH in KCl, pH in NaF, contenuto in SO, la CSC ed il calcare totale, quest' ultimo per gli orizzonti che avessero mostrato un' apprezzabile presenza di calcare durante il test preliminare dell' effervescenza con l' HCl.

I campioni prima di essere sottoposti ad analisi chimiche, sono stati essiccati in stufa a 40 °C per circa una settimana e successivamente i campioni sono stati setacciati.

Per le analisi chimiche sono state seguite le procedure espone nella letteratura italiana (Colombo & Miano, 2015; Vingiani & Terribile, 2007; MIPAF, 2000).

Per i risultati delle analisi chimiche relative alle trivellate selezionate sul castagno, si rimanda al prossimo capitolo, in particolare al paragrafo 1.4.2 (vedi Tabella 13); invece, per i risultati ottenuti sui campioni prelevati in faggeta, si rimanda al paragrafo 2.4.2 (vedi Tabella 26).

### 7.1 pH in $H_2O$ , KCl ed in NaF

Il pH in acqua è stato determinato per via potenziometrica su sospensioni suolo- $H_2O$  deionizzata in rapporto 1:2,5 (Vingiani & Terribile, 2007).

Invece, il pH in soluzione di cloruro di potassio è stato determinato sempre via potenziometrica, ma in soluzione acquosa con 1 M di KCl, diluita per litro di acqua deionizzata ed in sospensione suolo-soluzione in rapporto 1:2,5. La misura della reazione del suolo in soluzione di KCl, è con ogni probabilità il metodo più utilizzato, per definire il grado di reazione del suolo (Colombo e Miano, 2015).

I valori del pH in NaF sono indicativi per verificare la presenza di caratteristiche andiche del suolo. Il test è indicativo per molti strati con proprietà andiche ad eccezione di quelli molto ricchi in sostanza organica. Per gli orizzonti organici il pH in NaF non può essere considerata una prova diagnostica poiché la stessa reazione avviene negli orizzonti spodici ed in certi



suoli acidi argillosi, ove le argille mineralogiche sono caratterizzate da interstrati con ottaedri di alluminio. Anche i suoli con carbonati liberi hanno reazione simile. Prima di applicare questo test è bene fare la misura del pH in acqua e la reazione con HCl (il test non è adatto per i suoli alcalini). Valori superiori a 9,5 (Costantini, 2007) o a 9,4 (Kleber *et al.*, 2004) indicano la presenza di abbondanti minerali argillosi allofanici e/o complessi tra sostanza organica e alluminio. Il rapporto suolo soluzione è di 1:50 (50 ml 1 M di NaF tamponata a pH 7,5) e la lettura va effettuata dopo 2 minuti (IUSS working group WRB, 2006; FAO, 2006).

Il grado di reazione del suolo è stato espresso in unità di pH con due cifre decimali, precisando la soluzione utilizzata. Nella tabella sottostante si riporta la scala di reazione del suolo.

**Tabella 9** - Scala di reazione del suolo in base ai valori di pH (MIPAF, 2000).

<4,5	La reazione è estremamente acida
≥4,5 e <5,0	La reazione è fortemente acida
≥5,0 e <6,0	La reazione è moderatamente acida
≥6,0 e <6,5	La reazione è debolmente acida
≥6,5 e <7,3	La reazione è neutra
≥7,3 e <7,8	La reazione è debolmente alcalina
≥8,4 e <9,0	La reazione è fortemente alcalina
≥9	La reazione è estremamente alcalina

## 7.2 Calcare Totale

L'analisi del calcare totale ha lo scopo di determinare la quantità di tutti i carbonati presenti nel terreno (calcio, magnesio, potassio, sodio, etc.), anche se impropriamente il risultato viene espresso come carbonato di calcio. Il metodo si basa sulla misura della quantità di CO<sub>2</sub>, che si libera dalla decomposizione dei carbonati, in seguito all'aggiunta di un acido forte al campione di suolo.

I campioni sottoposti ad analisi del calcare totale, sono stati quelli che avevano evidenziato una presenza minima apprezzabile di carbonato al test dell' HCl ed erano stati classificati almeno come: "molto scarsamente calcarei" (vedi Tabella 6).

Il metodo si basa sul trattamento dei campioni con un eccesso di acido cloridrico e la CO<sub>2</sub> viene misurata con un sistema volumetrico (Colombo & Miano, 2015). Quindi, si aggiungono con cautela in un matraccio da 1000 ml, contenente circa 450 ml di H<sub>2</sub>O deionizzata, 500 ml



di HCl [37% (p=1,186)]. La soluzione viene mescolata e dopo il raffreddamento, viene portata a volume con H<sub>2</sub>O (Colombo & Miano, 2015).

Il calcare totale viene espresso in % in base ai g per Kg di campione. Nella tabella sottostante si riporta la scala in base alla concentrazione di Calcare Totale.

**Tabella 9** - Scala per la classificazione del suolo in base concentrazione del Calcare totale (MIPAF, 2000).

Calcare totale (%)	
<0,5	Non calcareo
≥0,5 e <1,0	Scarsamente calcareo
≥1,0 e <5,0	Debolmente calcareo
≥5,0 e <10,0	Moderatamente calcareo
≥10,0 e <20,0	Molto calcareo
≥20,0 e <40,0	Fortemente calcareo
≥40,0	Estremamente calcareo

### 7.3 Sostanza Organica

Il contenuto di sostanza organica è stato determinato con il metodo Walkley e Black, mediante ossidazione della componente organica con potassio bicromato in presenza di acido solforico (Colombo & Miano, 2015). Tale metodo si basa sul riscaldamento generato dal calore di diluizione che, con la quantità di bicromato e di acido solforico utilizzate, porta la temperatura a circa 120 °C, per un limitato lasso di tempo, con una successiva diminuzione durante il tempo di reazione.

La sostanza organica nel suolo viene espressa in % in base ai g per Kg di campione. Nella tabella sottostante si riporta la scala in base alla concentrazione di sostanza organica.

**Tabella 10** - Scala per la classificazione del suolo in base al contenuto di sostanza organica (MIPAF, 2000).

Sostanza organica (%)	
≥ 3	Ben fornito di sostanza organica
≥2 e <3	Mediamente fornito di sostanza organica
≥1 e <2	Sostanza organica bassa
<1	Sostanza organica molto bassa

### 7.4 Capacità di Scambio Cationico

Il metodo utilizzato è conforme alla ISO 11260 del 1994, il suolo viene prima saturato con bario per tre volte, con soluzione bario cloruro 0,1 mol/L, poi con magnesio, usando una soluzione con magnesio solfato in eccesso in soluzione 0,02 mol/L.

Così il bario assorbito nelle posizioni di scambio e quello eventualmente presente nella soluzione del suolo è quantificato come bario solfato ed i siti di scambio cationico sono saturati dal magnesio. La determinazione dell' eccesso di Mg, consente di calcolare la  $CSC_{eff}$ .

## 8. Correlazioni statistiche preliminari

Questa sezione pur riportando dei risultati dell'attività di tesi, per rigor di logica metodologica, è stata inserita in questa sezione dei materiali e metodi, perché i risultati delle correlazioni bivariate, hanno determinato la scelta della variabile pedologica da esaminare durante la seconda fase del campionamento pedologico. Pertanto, i risultati delle correlazioni statistiche preliminari, possono essere considerati una sorta di messa a punto di una metodologia d'indagine .

Ad ognuno dei punti che identificavano le 13 trivellate (solo quelle selezionate per le analisi chimiche), è stato attribuito un singolo valore stimato con le stime di campagna e le analisi chimiche. Quindi, sono state calcolate delle medie ponderate in base allo spessore di ciascun orizzonte lungo la trivellata. Le medie ponderate sono state calcolate moltiplicando ciascun valore del parametro chimico-fisico, per lo spessore dell' orizzonte stesso e dividendo la sommatoria dei prodotti, per lo spessore dell'intera trivellata, è stato ottenuto un unico valore ponderato, di ciascun parametro chimico-fisico, riferito ad ogni trivellata. Per quanto riguarda le scale numeriche dei parametri qualitativi: tessitura, scheletro, classi di esposizione e forme di paesaggio, si rimanda alle tabelle esposte nei paragrafi precedenti.

A differenza dei parametri morfologici e chimici attribuiti ad ogni orizzonte della trivellata, i parametri della DTA ed i due *Site Indices* stimati con il LiDAR, sono stati attribuiti in modo univoco a ciascun punto che identificava le 13 trivellate, utilizzando con le procedure che verranno esposte nei prossimi paragrafi (vedi par. 10 e par. 11).

Mediante l' utilizzo del software di statistica SPSS ver. 21, tra le suddette variabili è stata effettuata un' analisi delle correlazioni di tipo bivariata<sup>12</sup>. Dalle correlazioni con i due *Site Indices*: volumi ed altezze dendrometriche ( $V_d$  ed  $H_d$ ), considerate a turno le variabili dipendenti, è emerso che le variabili indipendenti significative, che hanno riportato un *p-value*  $\leq 0,05$ , sono risultate sia per il  $V_d$  che per l'  $H_d$ : lo spessore dell' orizzonte Ab, dell' orizzonte

---

<sup>12</sup> Tramite tale analisi statistica le correlazioni vengo apprezzate tramite l' r di *Pearson* e la loro significatività tramite il Test ad 1 coda. Si è scelto tra le opzioni di riportare le statistiche descrittive relative ai valori delle medie, delle deviazioni standard, varianze e covarianze, riferite alle varie correlazioni bivariate.

Bb, il ph in KCl, l' altitudine, l' esposizione ed il TWI (vedi Tabella 11). Il parametro più correlato è risultato l' altitudine con un r di *Pearson* pari a 0,831 per il V<sub>d</sub> (*p-value* < 0,01) e a 0,818 per H<sub>d</sub> (*p-value* < 0,01). Lo spessore dell' orizzonte Bb, sia per H<sub>d</sub> che per V<sub>d</sub> è risultato il parametro pedologico più correlato, con un r pari a 0,827 per il V<sub>d</sub> (*p-value* < 0,01) ed a 0,809 per H<sub>d</sub> (*p-value* < 0,01).

In quanto l' orizzonte Bb, non è un parametro osservabile in tutti i profili pedologici e lo scopo del lavoro è individuare dei parametri pedologici correlati alle metriche della fertilità forestale, osservabili in tutti i contesti, di facile comprensione ed applicazione, che garantiscono la replicabilità del modello e poiché la presenza e lo spessore di un orizzonte B sepolto, potrebbe essere fortemente influenzata dalla profondità totale del suolo (*depth*), si è provveduto ad analizzare le correlazioni tra le due metriche della fertilità forestale, la profondità totale del suolo e gli spessori degli orizzonti, che a differenza delle variabili chimiche, sono stati misurati su tutte le trivellate. Per queste correlazioni i campioni riferiti alle 56 trivellate del castagno ed alle 23 trivellate del faggio, sono stati mantenuti divisi.

Per entrambe le tipologie forestali la profondità del suolo è risultata la variabile più correlata con i due *Site Indices* ed anche quella più significativa con *p-value* < 0,01 (Tabelle 12 e Tabella 13). Solo nel caso del V<sub>d</sub> del castagno la correlazione con la profondità totale non è risultata significativa, ma comunque è stata quella che ha riportato l' r più alto.

**Tabella 11** - Correlazioni bivariate tra i parametri pedologici, topografici e morfometrici vs. altezze e volumi dendrometrici relativi al campionamento eseguito su castagno e faggio. Le sigle riportate in tabella significano: *Sche.* = Scheletro; *Tex.* = tessitura; *Cal.* = Calcare Totale; *SO* = sostanza organica; *CSC* = capacità di scambio cationico; *Land* = Landform; *Heigt* = altitudine; *Slope* = pendenza; *Asp* = esposizione; *Class Asp* = classe di esposizione; *CA* = catchment area; *TPI* = Topographic Position Index; *TWI* = Topographic Wetness Index; *Plan Cur* = curvatura in piano; *Prof Cur* = curvatura del profilo. I dati in rosso ed in grassetto sono riferiti alle correlazioni più alte e a quelle significative a 1 - coda con *p-value* ≤ 0,05

		Correlazioni																										
		Vd	Hd	Depth	OrA	OrAb	OrB	OrAb	OrBb	OrC	Sche.	Tex	pH H2O	pH KCl	pH NaF	Cal.	SO	CSC	Land	Class ASP	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan Cur	Prof Cur
Vd	Correlazione di Pearson	1	.992**	.325	-.140	-.368	-.455	.633*	<b>.827**</b>	-.165	-.120	.078	-.196	-.529*	-.059	.052	.070	-.439	-.156	.165	<b>.831**</b>	-.099	-.543*	.446	.533*	-.329	-.340	.186
	Sig. (1-coda)		.000	.139	.324	.108	.060	<b>.010</b>	<b>.000</b>	.295	.347	.399	.260	<b>.031</b>	.424	.432	.410	.067	.306	.296	<b>.000</b>	.373	<b>.028</b>	.063	<b>.030</b>	.136	.128	.271
	Somma dei quadrati e dei prodotti incrociati	597,5	485,3	1439,6	-228,9	-349,9	-1669,5	720,4	3045,1	-77,7	-5,2	15,1	-6,4	-16,4	-1,7	4,5	113,3	-144,2	-35,0	35,3	15947,2	-97,8	-6738,9	205170,7	90,7	-25,0	-0,1	0,1
	Covarianza	49,8	40,4	120,0	-19,1	-29,2	-139,1	60,0	253,8	-6,5	-0,4	1,3	-0,5	-1,4	-0,1	0,4	9,4	-12,0	-2,9	2,9	1328,9	-8,2	-561,6	17097,6	7,6	-2,1	0,0	0,0
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Hd	Correlazione di Pearson	.992**	1	.366	-.071	-.293	-.454	.684**	<b>.809**</b>	-.170	-.128	.020	-.207	-.575*	-.087	.032	.042	-.474	-.191	.180	<b>.818**</b>	-.155	-.580*	.431	.497*	-.330	-.322	.178
	Sig. (1-coda)	.000		.110	.409	.166	.060	<b>.005</b>	<b>.000</b>	.289	.338	.475	.248	<b>.020</b>	.388	.459	.446	.052	.266	.278	<b>.000</b>	.306	<b>.019</b>	.071	<b>.042</b>	.136	.141	.281
	Somma dei quadrati e dei prodotti incrociati	485,3	400,1	1324,8	-95,3	-228,3	-1360,9	636,5	2438,1	-65,4	-4,5	3,1	-5,5	-14,5	-2,1	2,2	55,6	-127,5	-35,1	31,6	12843,9	-125,1	-5890,2	162205,3	69,2	-20,4	-0,1	0,1
	Covarianza	40,4	33,3	110,4	-7,9	-19,0	-113,4	53,0	203,2	-5,4	-0,4	0,3	-0,5	-1,2	-0,2	0,2	4,6	-10,6	-2,9	2,6	1070,3	-10,4	-490,8	13517,1	5,8	-1,7	0,0	0,0
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

\*\* La correlazione è significativa al livello 0,01 (1-coda).

\* La correlazione è significativa al livello 0,05 (1-coda).

**Tabella 12** - Correlazioni bivariate tra le profondità del suolo e spessori degli orizzonti vs. altezze e volumi dendrometrici, relativi al campionamento eseguito sui cedui di castagno. Le sigle riportate in tabella significano:  $V_d$  = volume dendrometrico;  $H_d$  = altezza dendrometrica;  $depth$  = profondità totale del suolo;  $OrA$  = spessore orizzonte A;  $OrAB$  = spessore orizzonte AB;  $OrB$  = spessore orizzonte B;  $OrAb$  = spessore orizzonte A baried;  $OrBb$  = spessore orizzonte B baried;  $OrC$  = spessore orizzonte C. I dati in rosso ed in grassetto sono riferiti alla correlazione più alta e più significativa; i dati in nero ed in grassetto sono riferiti alla correlazione più alta ma non significativa a 1 - coda con  $p\text{-value} > 0,05$ .

		Correlazioni								
		Vd	Hd	Depth	OrA	OrAB	OrB	OrAb	OrBb	OrC
Vd	Correlazione di Pearson	1,000	,924**	<b>0,205</b>	-0,199	0,151	0,192	0,156	0,156	-0,007
	Sig. (1-coda)		0,000	<b>0,065</b>	0,071	0,133	0,078	0,126	0,126	0,480
	Somma dei quadrati e dei prodotti incrociati	241,952	200,857	923,634	-342,646	211,506	845,082	96,072	96,072	-2,911
	Covarianza	4,40	3,65	16,79	-6,23	3,85	15,37	1,75	1,75	-0,05
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Hd	Correlazione di Pearson	0,924**	1	<b>0,335**</b>	-0,042	0,220	0,220	0,237*	0,237*	0,008
	Sig. (1-coda)	,000		<b>0,006</b>	0,380	0,051	0,052	0,039	0,039	0,478
	Somma dei quadrati e dei prodotti incrociati	200,857	195,296	1353,879	-64,500	276,455	868,134	131,305	131,305	2,978
	Covarianza	3,652	3,551	24,616	-1,173	5,026	15,784	2,387	2,387	,054
	N	56	56	56	56	56	56	56	56	56

\*\* La correlazione è significativa al livello 0,01 (1-coda).

\* La correlazione è significativa al livello 0,05 (1-coda).

**Tabella 13** - Correlazioni bivariate tra le profondità del suolo e spessori degli orizzonti vs. altezze e volumi dendrometrici relativi al campionamento eseguito su fustaie di faggio. Le sigle riportate in tabella significano:  $V_d$  = volume dendrometrico;  $H_d$  = altezza dendrometrica;  $depth$  = profondità totale del suolo;  $OrA$  = spessore orizzonte A;  $OrAB$  = spessore orizzonte AB;  $OrB$  = spessore orizzonte B;  $OrAb$  = spessore orizzonte A baried;  $OrBb$  = spessore orizzonte B baried;  $OrC$  = spessore orizzonte C. I dati in rosso ed in grassetto sono riferiti alla correlazione più alta e più significativa.

		Correlazioni								
		Vd	Hd	Depth	OrA	OrAB	OrB	OrAb	OrBb	OrC
Vd	Correlazione di Pearson	1,000	0,992**	<b>0,577**</b>	0,221	0,086	0,213	-0,101	0,174	<sup>b</sup>
	Sig. (1-coda)		0,000	<b>0,002</b>	0,156	0,349	0,164	0,323	0,213	
	Somma dei quadrati e dei prodotti incrociati	511,422	453,649	2677,804	250,444	235,259	1057,044	-176,556	580,027	0,000
	Covarianza	23,246	20,620	121,718	11,384	10,694	48,047	-8,025	26,365	0,000
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Hd	Correlazione di Pearson	0,992**	1	<b>0,544**</b>	,177	,049	,249	-,135	,132	<sup>b</sup>
	Sig. (1-coda)	,000		<b>,004</b>	,209	,412	,126	,270	,274	
	Somma dei quadrati e dei prodotti incrociati	453,649	408,649	2259,905	179,767	120,909	1101,454	-210,085	392,555	0,000
	Covarianza	20,620	18,575	102,723	8,171	5,496	50,066	-9,549	17,843	0,000
	N	23	23	23	23	23	23	23	23	23

\*\* La correlazione è significativa al livello 0,01 (1-coda).

\* La correlazione è significativa al livello 0,05 (1-coda).

b. Impossibile eseguire il calcolo perché almeno una delle variabili è una costante.

## 9. Seconda Fase del Campionamento Pedologico (Saggi di profondità)

Una volta individuata la profondità del suolo come la variabile più correlata alla fertilità forestale delle faggete e dei castagneti dell' area di studio, il campionamento pedologico è stato intensificato, includendo anche la tipologia forestale prevalente dell' area di studio, ovvero gli orno-ostrieti. Tale variabile pedologia risulta molto facile da rilevare anche per i tecnici che non hanno nozioni approfondite di pedologia e garantisce la replicabilità e la semplicità del modello.

Per la selezione e la digitalizzazione in GIS dei transetti e dei punti su cui implementare i saggi di profondità, sono state seguite le procedure e la logica adottata con l' analisi GIS preliminare al campionamento pedologico effettuato con le trivellate (vedi paragrafi 4. e 4.1). In modo particolare sono state rispettate le assunzioni riguardanti la coetaneità dei boschi cedui (vedi figure a fine paragrafo).

I saggi di profondità sono stati campionati, sondando la profondità del suolo, come effettuato per le trivellate fino alla roccia o fino a 2,30 m. La densità dei saggi di profondità lungo transetti è risultata mediamente pari a 10 m. Per campionare la profondità è stata utilizzata una sonda, costituita da un' asta in acciaio di lunghezza pari a 2,00 m e con estremità opportunamente appuntita, per far penetrare l' asta nel suolo ne veniva martellata l' estremità con apposita mazzetta di acciaio (Foto 5). Con tale asta è stato possibile campionare la profondità fino a 1,80 cm; qualora, il suolo fosse più profondo, si è provveduto all' utilizzo della trivella manuale con prolunga, tramite la quale è stato possibile sondare la profondità di ulteriori 50 cm, fino a 2,30 m.

Per ogni saggio di profondità sono state effettuate almeno tre repliche, per avere informazioni più precise sulla variabilità spaziale della profondità ed una volta eseguite le varie repliche ne è stato georeferenziato il centro. Per le analisi statistiche ad ogni punto del sondaggio corrisponde un' unico valore dato dalla media delle varie repliche.

Il sondaggio della profondità del suolo è stato implementato prendendo spunto da quanto si riporta in letteratura (Eriksson C.P. & Holmgren P., 1996; Fontaine, *et al.* 2007), in studi simili che analizzano la fertilità forestale in funzione di *Site Factors* legati al suolo, tra cui la profondità.

**Foto 5** - Campionamento saggio di profondità di un suolo di faggio profondo 170 cm (osservazione T2c)



Sul castagno sono stati svolti complessivamente 49 saggi di profondità, divisi in tre transetti appartenenti a diversi ambienti geomorfologici (vedi Cap. 4 - par. 1.4.1).

Sul faggio sono stati svolti complessivamente 62 saggi di profondità, divisi in tre transetti appartenenti a diversi ambienti geomorfologici (vedi Cap. 4 - par. 2.4.1).

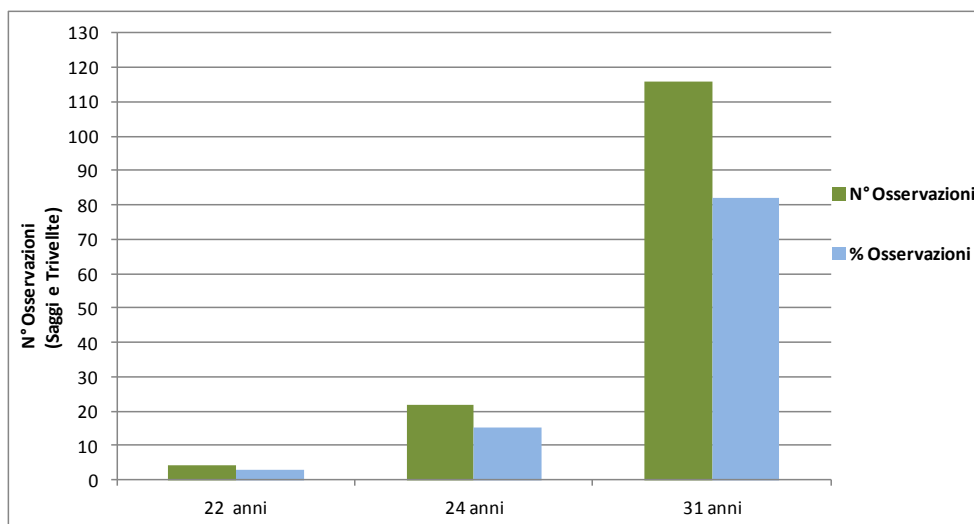
Infine, gli orno-ostrieti sono stati oggetto solo dei sondaggi di profondità (142 saggi) articolati in 10 transetti rappresentativi di particolari forme di paesaggio. I transetti T8, T12, T13, T14, T15 e T16, per un totale di 105 saggi sono stati eseguiti nell'ambito delle tesi delle Dott.sse Giuseppina Turco e Solange Scognamiglio (vedi Allegato 3).

Le trivellate della prima fase del campionamento pedologico, sono state effettuate campionando tutti gli orizzonti pedologici, fino alla roccia o fino a 230 cm di profondità; pertanto, anche le trivellate possono essere considerate rappresentative ed utilizzabili per l'analisi della profondità del suolo.

Come accennato al paragrafo 4.1 si espongono le statistiche descrittive relative all'età stimate tramite fotointerpretazione dei soprassuoli cedui misti mesofili e di castagno, su cui sono state svolte le due fasi del campionamento pedologico.

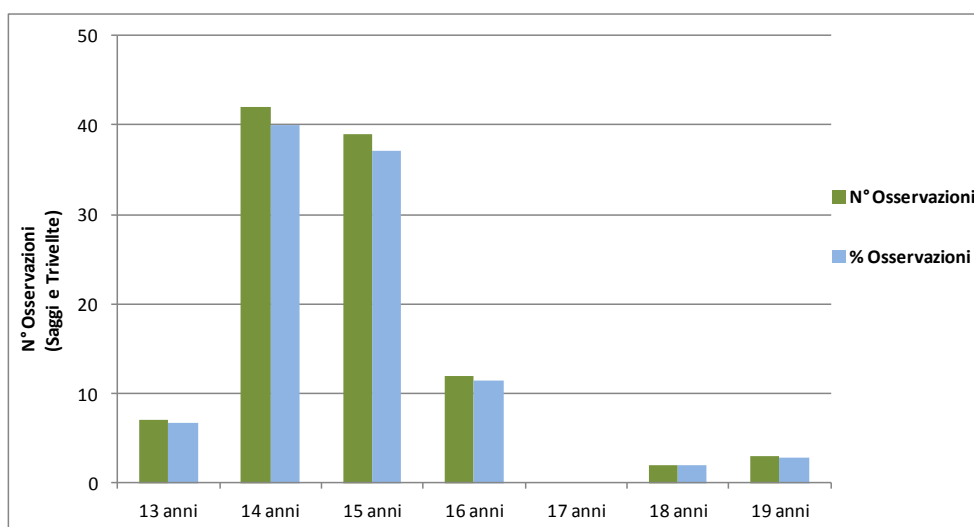
Sugli orno-ostrieti 116 osservazioni (81,69%) sono state svolte sotto soprassuoli cedui che nel 2011 (anno del volo LiDAR), presentavano un'età di 31 anni (Grafico 2). L'età di tali soprassuoli oggetto di campionamento è compresa tra 22 e 31 anni ed è mediamente pari a 29,66 anni.

**Grafico 2** - Istogramma di distribuzione dell'età degli orno-ostrieti oggetto di campionamento



Invece, per quanto riguarda il castagno, 81 osservazioni campionarie sulle 105 totali, pari al 77,14%, presentano un'età compresa tra 14 e 15 anni (Grafico 3). L'età dei soprassuoli oggetto di campionamento è compresa tra 13 e 19 anni ed è mediamente pari a 14,75 anni. Come per gli orno-ostrieti l'età sono state riferite al 2011.

**Grafico 3** - Istogramma di distribuzione dell'età dei castagneti oggetto di campionamento



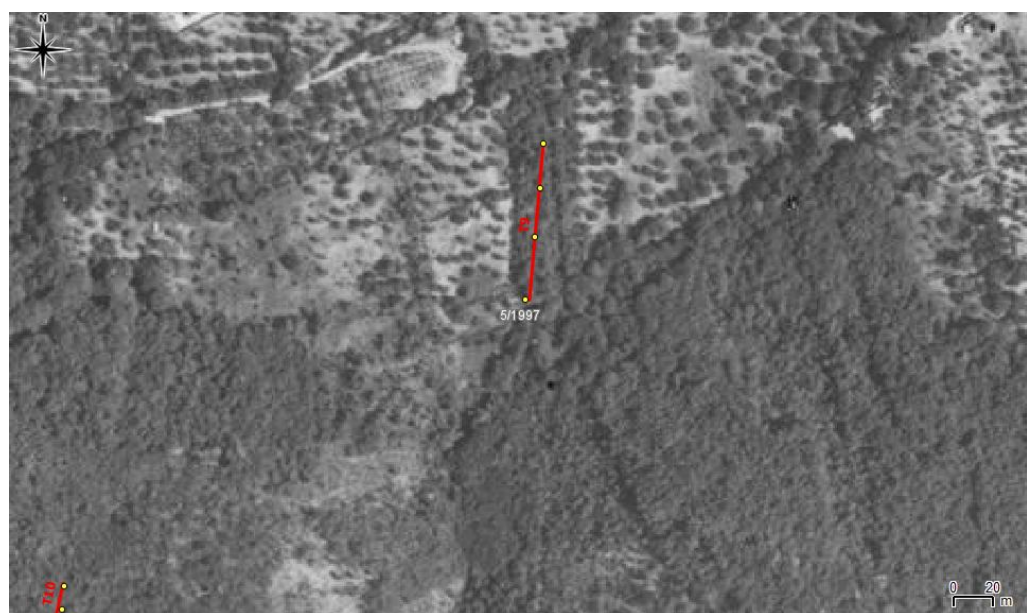


Quindi, nel complesso possiamo sostenere che per il campionamento sono stati rispettati i principi di coetaneità delle formazioni forestali esaminate ed i boschi si presentavano abbastanza coetanei all' interno della stessa tipologia esaminata, in questo modo si è tentato di evitare le distorsioni a cui può essere esposto il *Site Index*, a causa delle differenti età dei soprassuoli (Socha *et al.*, 2016).

**Immagine 3** - Transetto saggi di profondità T9 eseguito su orno-ostrieto ceduo utilizzato nel 1989

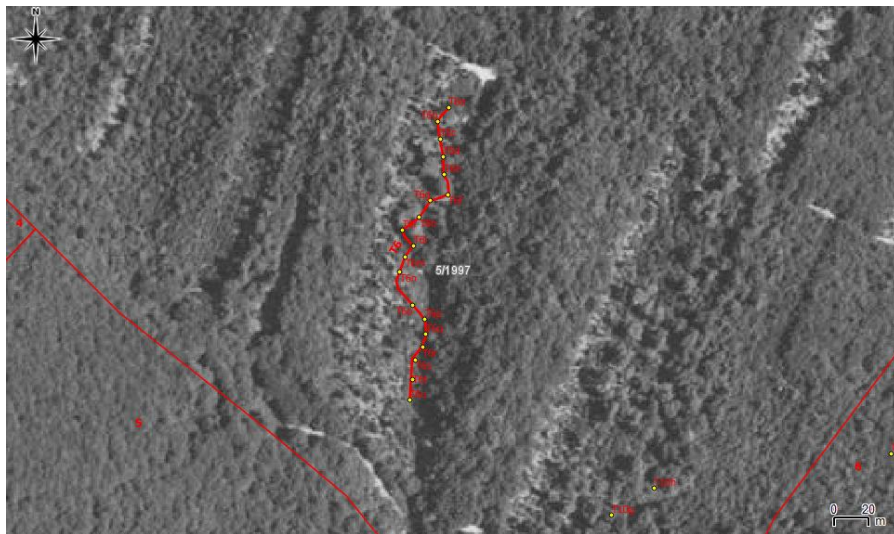


**Immagine 4** - Transetto saggi di profondità T9 eseguito su orno-ostrieto ceduo: ortofoto 1997

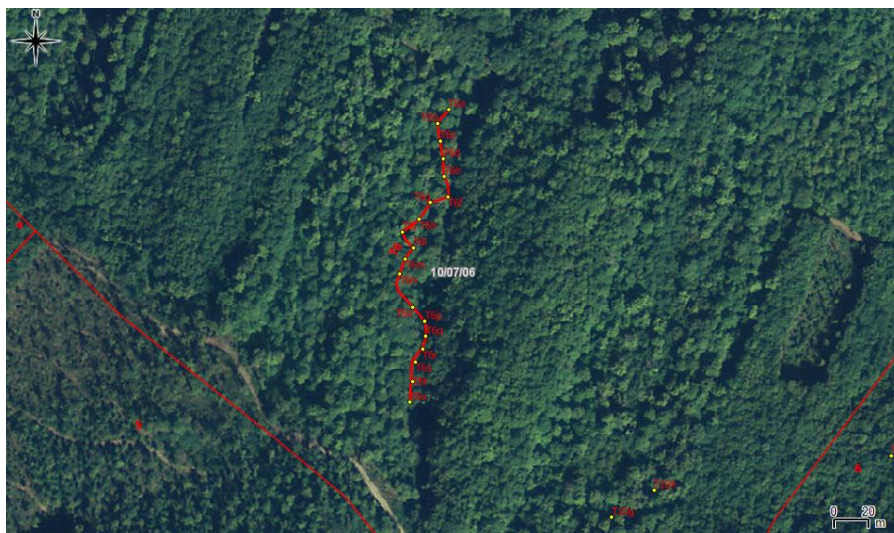




**Immagine 5** - Transetto saggi di profondità T6 eseguito su ceduo di castagno utilizzato nel 1997



**Immagine 6** - Transetto saggi di profondità T6 eseguito su ceduo di castagno: ortofoto 2006



## 10. Ricampionamento dei dati raster ed estrazione dei valori delle informazioni puntuali

I DTM con risoluzione del grid a 3, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 m sono stati ottenuti dal DTM LiDAR originario con risoluzione di 1 m, tramite funzioni di ricampionamento del raster di tipo bilineare (Olaya, 2004; Cimmery, 2010), utilizzando il software SAGA<sup>13</sup>. Ottenuti i DTM ricampionati, con SAGA e Quantum GIS, sono stati prodotti i grid dei corrispettivi parametri della DTA (vedi sotto-paragrafi 3.): pendenza (*Slope*), esposizione (*Aspect*),

<sup>13</sup> In particolare è stato utilizzato il tool di Geoprocessing per i GRID di SAGA alla sezione Grid System: "Resampling" e come Downscaling Method è stata scelta una funzione di tipo bilineare: "Bilinear Interpolation"

rispettivamente con grid a risoluzione di 1, 10, 20, 50 e 100 m; la *Catchment area*, il *Topographic wetness index* (TWI), il *Topographic position index* (TPI) con risoluzione a 5, 10, 20, 50 e 100 m; la curvatura in piano (*plan curvature*) e la curvatura del profilo (*profile curvature*) con risoluzione di 1, 5 e 20 m e la *Landforms Classification (TPI based)* con risoluzione a 10 e a 100 m.

I raster delle altezze dendrometriche ( $H_d$ ) sono stati ricampionati a partire dal grid originario con risoluzione di 3 m, utilizzando ugualmente funzioni bilineari (vedi nota <sup>13</sup>) e dal grid di partenza sono stati ottenuti i raster con risoluzioni pari a: 1, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 m. Invece, per quanto riguarda il volume dendrometrico ( $V_d$ ) si è provveduto prima a ricampionare il raster con funzioni bilineari (vedi nota <sup>13</sup>), da cui sono stati ottenuti i grid con risoluzioni di 1, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 m e successivamente con la funzione: "CALCOLATORE RASTER" di Q GIS i valori dei pixel del  $V_d$  ricampionato, sono stati moltiplicati per il fattore di conversione (FC) dato dal rapporto tra la superficie del pixel del grid ricampionato in metri quadrati ( $S_r$ ) e la superficie del pixel originario ( $S_o$ ) pari a 9 m<sup>2</sup> (Eq. 1), Es. per la risoluzione di 1 m, la superficie del pixel sarà pari a 1 m<sup>2</sup>, per la risoluzione di 100 m, il pixel ha superficie uguale a 10.000 m<sup>2</sup>. Quindi per la risoluzione 1 m si dovrà procedere a moltiplicare i valori dei pixel precedentemente ricampionati per un FC pari a 0,11; mentre, per la risoluzione di 100 m l' FC sarà pari a 1.111,11.

$$(Eq. 1) \quad FC = \frac{S_r}{S_o}$$

Tutti i raster delle variabili dipendenti e delle covariate sono stati prodotti in formato GeoTIFF (*Tagged Image File Format*).

Ottenuti i raster alle diverse risoluzioni, per ogni punto che identificava la singola trivellata o il saggio di profondità georeferenziato in formato vettoriale shape, si è proceduto ad estrarre e ad aggiungere ai punti, i valori dei grid delle variabili, utilizzando il tool di SAGA "Add grid values to points"<sup>14</sup>, tramite le suddette funzioni bilineari; mentre, le funzioni di interpolazione del vicino più prossimo (*nearest neighbor*), sono state utilizzate per estrarre i valori dell' *Aspect* e delle *Landforms* (Cimmery, 2010).

I dati relativi alla litologia derivano dai poligoni della Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008); mentre quelli relativi alla pedologia, dalla Carta dei Suoli della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), entrambi in formato Esri *shapefile*. Per selezionare le

<sup>14</sup> In particolare è stato utilizzato il tool di Geoprocessing per gli SHAPES di SAGA alla sezione Grid Value: "Add grid value to points" e come Interpolation Method è stata scelta una funzione di tipo bilineare: "Bilinear Interpolation" o di tipo: "Nearest Neighbor"

caratteristiche geologiche e pedologiche dell' area di studio (vedi Cap. 2 - Tavola 2 e Tavola 3), utilizzando Q GIS<sup>15</sup> si è provveduto ad effettuare il clip dei poligoni appartenenti alle due carte, utilizzando come poligono di ritaglio quello dell' area di studio, a sua volta georeferenziato, seguendo i limiti fisiografici della stessa (vedi Cap. 2). Per selezionare le tipologie forestali ricadenti nell' area di studio, è stato utilizzato lo stesso procedimento, clippando la Carta forestale dell' intera Valle 'Telesina, anch' essa in formato Esri *shapefile* (Cona *et al.*, 2013). Quindi, utilizzando come vettori di ritaglio, i poligoni delle tre tipologie forestali esaminate nell' area oggetto di studio, sono state estratte le caratteristiche pedologiche e litologiche delle fustaie di faggio, castagneti ed orno-ostrieti cedui dell' area di studio (vedi nota <sup>15</sup>).

Tale operazione di ritaglio è stata effettuata anche per gli strati informativi in formato raster elencati in precedenza<sup>16</sup>.

Ugualmente come effettuato per i dati raster, sono stati estratti dai vettori relativi alla litologia ed ai suoli e sono state aggiunte le informazioni per ciascun punto di campionamento effettuato in bosco, con le trivellate ed i saggi di profondità, utilizzando il geocalgoritmo di SAGA "*Add polygon attributes to points*" (Cimmery, 2010).

Quindi, ad ogni punto georeferenziato oltre al nome dell' osservazione, sono state attribuite le informazioni qualitative relative alla litologia, tipologia di suolo, sono stati aggiunti i valori delle variabili dipendenti ( $V_d$ ,  $H_d$  e profondità del suolo) e delle covariate, per ciascuna delle risoluzioni elencate precedentemente.

## 11. Test delle risoluzioni

Per quanto riguarda la scelta della risoluzione che spiegasse meglio la scala del fenomeno, sono state svolte delle regressioni lineari semplici, che mettevano in relazione le tre variabili dipendenti  $V_d$ ,  $H_d$  e la profondità del suolo con le covariate, utilizzando i valori puntuali, che erano stati attribuiti alle varie osservazioni campionarie ed estratti dai grid alle diverse risoluzioni. Tali regressioni sono state svolte stratificando il campione per tipologia forestale (orno-ostrieto, castagno e faggio).

---

<sup>15</sup> E' stata utilizzata la funzione di geoprocessing per i file vettoriali di Quantum GIS: "*Clipper*"

<sup>16</sup> Invece, i raster sono stati clippati tramite il tool dei dati Raster di Q GIS, contenuto nella Sezione Estrazione: "*Ritaglia*"

Questa sezione pur riportando alcuni risultati dell'attività di tesi è stata inserita in questo capitolo, perché la scelta della risoluzione ottimale può essere considerata (per la ratio di questa tesi) una sorta di messa a punto della metodologia d'indagine.

Come verrà esposto sinteticamente nelle tabelle sottostanti, nel complesso i valori del coefficiente di determinazione ( $r^2$ ) sono stati più alti per le regressioni effettuate ad una risoluzione di 20 m, con alcune eccezioni dovute alla tipologia forestale ed al parametro esaminato. Alcune regressioni riportavano un  $r^2$  maggiore in base alla specie, ad esempio nella regressione tra  $V_d$  ed  $H_d$  vs. la profondità del suolo per il castagno tale regressione era spiegata meglio con una risoluzione di 5 x 5 m, per l'orno-ostrieto utilizzando la risoluzione di 100 x 100 m. Invece, per quanto riguarda la regressione tra  $V_d$  ed  $H_d$  e la curvatura in piano, quasi sempre la migliore risoluzione è stata quella di 20 x 20m.

**Tabella 14** - Lista dei coefficienti di determinazione riportati dalle regressioni lineari semplici tra le variabili dipendenti Volume, Altezza dendrometrica e covariate topografiche: quota, pendenza ed esposizione a diverse risoluzioni

Tipologia forestale	Variabile dipendente	Covariate	R2 Ris. 1 m	R2 Ris. 10 m	R2 Ris. 20 m	R2 Ris. 50 m	R2 Ris. 100 m
Castagno	Hd	Quota	-28,35%	-31,08%	-34,01%	-41,24%	-18,06%
		Pendenza	-1,91%	-6,41%	-10,47%	-19,60%	-4,32%
		Esposizione	-0,87%	-2,56%	-0,88%	-5,82%	2,74%
	Vd	Quota	-25,44%	-29,59%	-24,60%	-42,66%	-19,22%
		Pendenza	-0,70%	-5,50%	-7,43%	-19,51%	-10,90%
		Esposizione	-1,59%	-2,68%	-2,37%	-6,90%	3,24%
Faggio	Hd	Quota	-6,56%	-7,38%	-4,90%	-3,65%	4,58%
		Pendenza	-9,42%	-5,19%	-6,27%	-4,07%	-1,62%
		Esposizione	-0,55%	-0,96%	-1,02%	-0,45%	2,47%
	Vd	Quota	-6,56%	-7,38%	-4,90%	-3,65%	4,58%
		Pendenza	-12,09%	-6,37%	-9,42%	-5,07%	-4,19%
		Esposizione	-0,06%	-0,83%	-0,74%	-0,58%	4,58%
Orno-ostrieto	Hd	Quota	-1,66%	-1,30%	-4,87%	-0,27%	-1,11%
		Pendenza	-0,28%	0,89%	0,01%	1,25%	0,57%
		Esposizione	-3,57%	-1,74%	-4,97%	-0,89%	-5,83%
	Vd	Quota	1,24%	-1,50%	-3,65%	-0,43%	-3,38%
		Pendenza	-0,72%	0,49%	1,36%	1,83%	0,05%
		Esposizione	-3,39%	-2,64%	-5,28%	-0,65%	-11,51%

**Tabella 15** - Lista dei coefficienti di determinazione riportati dalle regressioni lineari semplici tra  $V_d$ ,  $H_d$  a diverse risoluzioni e la profondità del suolo, campionata con trivellate e saggi di profondità

Tipologia forestale	Variabile dipendente	R2 Ris. 1 m	R2 Ris. 3 m	R2 Ris. 5 m	R2 Ris. 10 m	R2 Ris. 20 m	R2 Ris. 30 m	R2 Ris. 50 m	R2 Ris. 100 m
Castagno	Hd	19,37%	19,37%	22,26%	24,84%	24,56%	17,40%	20,05%	5,14%
	Vd	16,25%	16,25%	18,73%	20,43%	18,01%	14,97%	20,31%	6,05%
Faggio	Hd	37,70%	37,30%	38,95%	34,71%	40,15%	30,88%	26,98%	14,67%
	Vd	41,80%	41,08%	41,41%	34,32%	44,21%	31,10%	26,06%	17,29%
Orno-ostrieto	Hd	4,50%	4,50%	4,92%	5,71%	3,22%	6,89%	13,80%	14,41%
	Vd	10,70%	10,70%	12,43%	11,19%	9,35%	12,26%	15,83%	22,21%

**Tabella 16** - Lista dei coefficienti di determinazione riportati dalle regressioni lineari semplici tra le variabili dipendenti  $V_d$ ,  $H_d$  e covariate: *Catchment area*, *Topographic wetness index* e *Topographic position index* a diverse risoluzioni

Tipologia forestale	Variabile dipendente	Covariate	R2 Ris. 5 m	R2 Ris. 10 m	R2 Ris. 20 m	R2 Ris. 50 m	R2 Ris. 100 m
Castagno	Hd	Catchment area	6,42%	0,55%	2,20%	7,09%	2,87%
		TWI	11,63%	13,37%	13,64%	25,41%	5,02%
		TPI	-35,92%	-32,71%	-38,63%	-47,30%	-19,29%
	Vd	Catchment area	2,52%	0,72%	3,40%	6,33%	13,07%
		TWI	7,45%	16,23%	12,65%	24,87%	14,79%
		TPI	-32,99%	-38,91%	-31,99%	-49,00%	-27,22%
Faggio	Hd	Catchment area	0,01%	-4,06%	-6,78%	-7,57%	-54,85%
		TWI	45,42%	17,34%	17,17%	1,33%	-16,54%
		TPI	-19,89%	-23,35%	-18,46%	-18,30%	-5,27%
	Vd	Catchment area	-0,36%	-6,69%	-11,27%	-7,96%	-62,60%
		TWI	39,18%	11,00%	11,44%	0,55%	-21,21%
		TPI	-13,60%	-16,70%	-12,52%	-11,68%	-2,17%
Orno-ostrieto	Hd	Catchment area	2,38%	1,41%	3,87%	-2,67%	-14,88%
		TWI	4,95%	7,42%	17,44%	1,59%	-12,62%
		TPI	-29,39%	-24,43%	-23,83%	-12,48%	2,22%
	Vd	Catchment area	0,02%	0,01%	0,00%	-5,07%	-20,73%
		TWI	4,50%	4,26%	9,03%	0,37%	-15,42%
		TPI	-15,64%	-12,71%	-12,64%	-8,69%	4,75%

**Tabella 17** - Lista dei coefficienti di determinazione riportati dalle regressioni lineari semplici tra le variabili dipendenti  $V_d$ ,  $H_d$  e covariate: Curvatura in piano e Curvatura del profilo a diverse risoluzioni

Tipologia forestale	Variabile dipendente	Variabile indipendente	R2 Risoluzione 5 m	R2 Risoluzione 20 m
Castagno	Hd	Profile Curvature	1,02%	-9,50%
		Plan Curvature	-5,14%	-21,81%
	Vd	Profile Curvature	1,57%	-12,04%
		Plan Curvature	-3,33%	-17,67%
Faggio	Hd	Profile Curvature	-2,53%	-29,68%
		Plan Curvature	-0,73%	0,54%
	Vd	Profile Curvature	-3,20%	-26,79%
		Plan Curvature	-0,72%	1,69%
Orno-ostrieto	Hd	Profile Curvature	-1,27%	-2,77%
		Plan Curvature	-4,50%	-21,78%
	Vd	Profile Curvature	-1,13%	-1,08%
		Plan Curvature	-2,68%	-11,26%

Pertanto, si è preferito selezionare una risoluzione "intermedia", né eccessivamente dettagliata e tantomeno troppo grossolana. Quindi, sono stati utilizzati gli strati informativi con tale risoluzione, per descrivere i dati dendrometrici, le caratteristiche topografiche e morfometriche dell' area in cui vegetano le tipologie forestali e per analizzare le complesse relazioni che intercorrono tra le metriche della fertilità forestale, i parametri pedologici, le caratteristiche topografiche e geomorfologiche delle tipologie forestali indagate. Solo per le forme di paesaggio, è stata utilizzata la *landforms-TPI based* con risoluzione pari a 10x10 m.

## 12. Regressioni lineari multiple

Le variabili dipendenti delle regressioni multiple, sono il volume ( $V_d$ ), le altezze dendrometriche ( $H_d$ ) stimate dal LiDAR e le profondità del suolo. A seconda dell' obbiettivo di ciascuna regressione multipla (Es. stima del *Site Index* o stima della profondità del suolo),  $V_d$ ,  $H_d$  e la profondità, fungevano da variabili dipendenti o indipendenti. Nelle regressioni multiple sono state selezionate ed inserite come variabili indipendenti i parametri quantitativi, i cui valori erano disponibili per ciascuna delle 332 osservazioni campionarie; ovvero: l' altitudine, pendenza, esposizione, *Catchment area*, *Topographic Position Index*, *Topographic Wetness Index*, curvatura in piano e curvatura del profilo.

Mentre, per le variabili indipendenti di tipo qualitativo: litologia, tipo di suolo, classi di esposizione e *Landforms* le osservazioni sono state stratificate per tipo di suolo, tipo di litologia, classi di esposizione e forme del paesaggio e per ciascuna di queste tipologie, sono state calcolate le statistiche descrittive delle variabili dipendenti: media, varianza, deviazione standard, errore standard e coefficiente di variazione.

Per le analisi statistiche il campione è stato stratificato in base alla tipologia forestale. Complessivamente sono state implementate 9 regressioni multiple ovvero tre per ciascuna tipologia forestale, una per il  $V_d$  una  $H_d$  ed una per la profondità del suolo. Per le regressioni multiple che avevano la profondità del suolo come variabile dipendente, è stata inserita  $H_d$  tra le coovariate, per quanto riguarda faggio e castagno e  $V_d$  per gli orno-ostrieti, ovvero quella che spiegava meglio la variabilità complessiva della regressione.

Non avendo a disposizione tutte le informazioni per ciascuna delle 332 osservazioni, soprattutto quelle legate al suolo, analisi chimiche ed analisi morfologiche speditive, effettuate sulle trivellate eseguite in faggeta e nei castagneti, tali utilissime informazioni sono

state utilizzate soprattutto per la descrizione pedologica di tali tipologie forestali (Capitolo 4 - paragrafi: 1.4.2 e 2.4.2).

Le regressioni multiple e le relative statistiche sono state svolte utilizzando il software IBM SPSS *Statistics* ver. 21.

Quindi, per capire quanto ciascuna covariata pesasse sulle variabili indipendenti e per ottenere una funzione di regressione per il calcolo delle variabili dipendenti che contenesse solo le covariate significative, sono state effettuate delle regressioni lineari multiple.

Per tali regressioni multiple, è stata applicata una strategia statistica per la selezione dei predittori significativi di tipo *backward deletion* (selezione all'indietro). Con questa strategia tutte le variabili indipendenti (blocco) vengono inserite nell'equazione di regressione e le variabili non significative vengono eliminate sequenzialmente. La variabile con la più bassa correlazione parziale rispetto alla variabile dipendente viene considerata la prima da rimuovere e viene rimossa se non risulta significativa. Dopo la rimozione della prima variabile, la variabile con la più bassa correlazione parziale e significatività tra quelle rimaste nell'equazione viene considerata come quella successiva da eliminare. La procedura termina quando nell'equazione nessuna variabile soddisfa il criterio di rimozione e tutte le variabili risultano significative.

Le regressioni multiple sono state implementate, scegliendo un intervallo di confidenza del valore atteso e di quello previsto pari al 95%, è stata eseguita una diagnostica per i casi che corrispondono al criterio di selezione con valori anomali superiori a 3 volte la deviazione standard; inoltre, sono stati settati come valori di probabilità della F, di inserimento pari a 0,05 e di rimozione uguale 0,10. Inoltre, i valori attesi sono stati standardizzati, scegliendo un intervallo di previsione della media e del singolo caso pari al 95%.

Per valutare la bontà delle regressioni, è stato prodotto l' "Adattamento del Modello", in cui vengono elencate le variabili inserite ed eliminate dalle regressioni e sono riportate le seguenti statistiche di bontà dell' adattamento: coefficiente di correlazione ( $r$ ), di determinazione ( $r^2$ ) e l' *adjusted*  $r^2$ , errore standard della stima ed è stata effettuata l' analisi della Varianza tramite Test ANOVA. Sono state prodotte le statistiche "Descrittive" sul numero di casi validi, la media e la deviazione standard per ogni variabile nell' analisi. Inoltre, sono state prodotte le matrici di correlazione tra le variabili delle regressioni multiple, con un livello di significatività a una coda. E' stato svolto il "Test di Colinearità", che permette di stabilire se una delle

variabili dipendenti è una funzione lineare di altre variabili dipendenti e viene riportato il fattore di inflazione della varianza o *Variance Inflation Factor* (VIF).

Infine, sono stati prodotti il grafico a dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti, il Grafico di probabilità normale e l' Istogramma della regressione del residuo standardizzato.



## **CAPITOLO 4**

### **RISULTATI**

## Premessa

In questo capitolo verranno analizzati i parametri dendrometrici, le caratteristiche pedologiche e litologiche, i parametri topografici, morfometrici, di potenziale interesse idrologico e le forme di paesaggio, definibili come i *Site Factors* oggetto di studio, che caratterizzano le varie formazioni forestali indagate ed i valori di tali fattori, a loro volta corrispondenti alle osservazioni puntuali del campionamento pedologico, composto da trivellate e saggi di profondità. I valori dei suddetti *Site factors*, corrispondenti alle varie osservazioni campionarie, verranno anche confrontati con i valori di tali fattori riferiti ai popolamenti forestali oggetto di studio nella loro interezza.

Pertanto, ad ogni informazione del campionamento pedologico georeferenziata in bosco, che indicava una determinata trivellata o saggio di profondità, secondo le metodologie esposte nel capitolo precedente, sono stati attribuiti i valori delle variabili dipendenti indagate:

- volumi dendrometrici
- altezze dendrometriche
- profondità del suolo

Inoltre, alle suddette osservazioni campionare secondo le metodologie esposte (vedi Cap. 3), sono attribuite le informazioni relative sia alle variabili indipendenti qualitative: forma di paesaggio, litologia, tipologia di suolo e classi di esposizione, che alle variabili indipendenti quantitative di tipo topografico, morfometrico e di potenziale interesse idrologico.

I risultati delle regressioni lineari semplici, svolte per la scelta della risoluzione che spiegasse meglio la scala del fenomeno, hanno portato alla conclusione che i valori dei coefficienti di determinazione ( $r^2$ ), nel complesso sono stati più alti per le regressioni effettuate con risoluzioni pari a 20 m, con alcune eccezioni dovute alla tipologia forestale ed al parametro esaminato (vedi Cap. 3 par. 11). Pertanto, i valori dei parametri dendrometrici e della DTA in formato raster presentano una risoluzione di 20 x 20 m.

## 1. Rilevamento sui paesaggi del Castagno

I cedui di castagno nell' area di studio occupano una superficie di 222,09 ha (vedi Cap. 2 par. 7.4), tale tipologia forestale risulta concentrata in un nucleo principale di 189,29 ha, ricadente in agro del Comune di Vitulano (BN). Nel territorio oggetto di studio si rinvencono altri popolamenti di castagno sparsi, con un' estensione che varia da 17,56 a 0,27 ha (Tavola 4 - Carta Forestale).

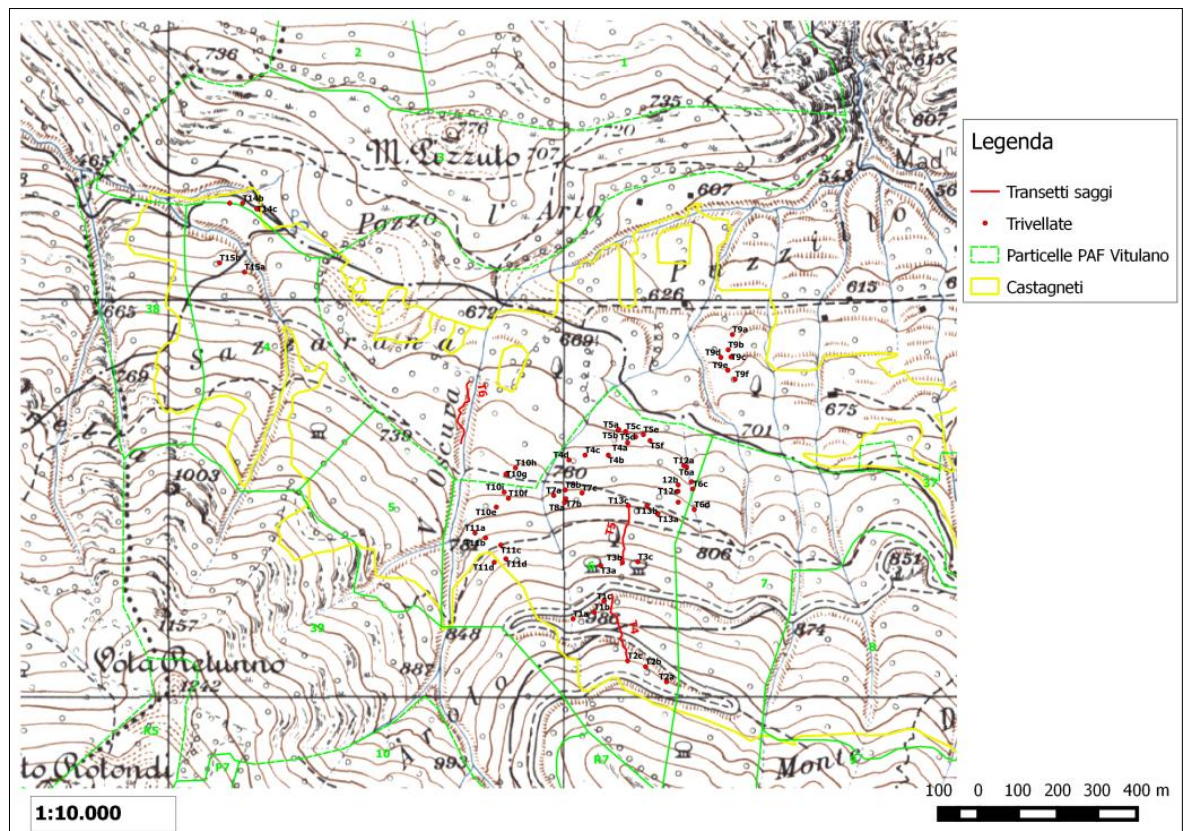
Come esposto nel capitolo precedente, su tale tipologia forestale, il campionamento pedologico è stato svolto solo sul suddetto nucleo principale, che occupa circa l' 85,23% della superficie a castagno dell' area di studio. Il campionamento su cedui di castagno ammonta 105 osservazioni, di cui 56 trivellate divise in 15 transetti e 49 saggi di profondità ripartiti su 3 transetti.

Per svolgere le osservazioni su soprassuoli abbastanza coetanei, tentando di ridurre la distorsione dovuta alle differenze di età dei soprassuoli cedui, il campionamento è stato svolto su soprassuoli, con un' età simile, compresa tra 13 e 19 anni, mediamente pari 14,75 anni al momento del volo Lidar (vedi Cap. 3 par. 9). Quindi, per risolvere tale problematica, legata alla gestione selvicolturale dei soprassuoli cedui esaminati, il campionamento è stato concentrato all' interno della particella N° 6 del PAF comunale di Vitulano, non ancora utilizzata.

All' interno della particella forestale N° 6 sono state svolte 43 trivellate, 3 trivellate sono state svolte all' interno della particella forestale N° 3 e 2 all' interno delle particella N° 4. Altre 8 trivellate sono state svolte in particelle limitrofe, di proprietà privata e che presentavano un' età prossima a quelle delle particelle del PAF. Invece, per quanto concerne i saggi di profondità, il transetto Transetto 4 ed il Transetto 5, rispettivamente composti da 15 saggi ciascuno, sono stati svolti all' interno della particella n° 6; mentre, il Transetto 6 composto da 19 saggi, è stato svolto in terreni forestali privati limitrofi a tale particella.

Secondo i toponimi IGM 1:25.000, le osservazioni campionarie sono state svolte alle Località: "*Pozzo l' Aria*", "*Sazzarana*", "*Puzillo*", "*Valle Oscura*" ed "*Arolo*" del Comune di Vitulano (BN). Al fine di fornire una corretta comprensione riguardante la localizzazione dei rilievi esposti in precedenza si riporta la seguente carta (Figura 1).

**Figura 1** - Localizzazione delle trivellate e dei transetti su cui sono stati effettuati i saggi di profondità su castagno.



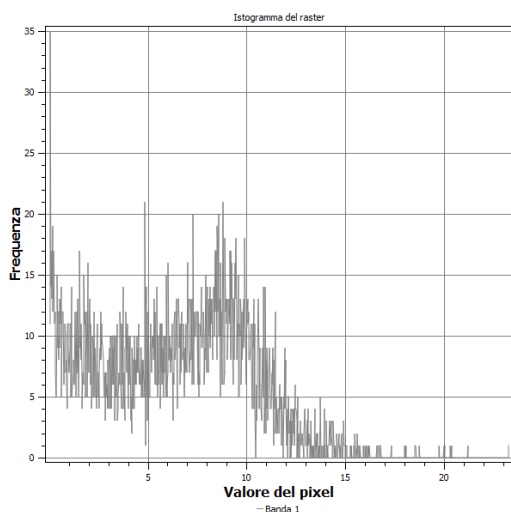
### 1.1 Descrizioni geo-spaziale dei principali dati dendrometrici

Dall'analisi dei raster<sup>17</sup> del volume e delle altezze dendrometriche, con risoluzione di 20 x 20 m, relative al popolamento di castagno esaminato, è risultato che il volume di tale popolamento forestale (Figura 3) è compreso tra 0,02 e 23,31 m<sup>3</sup>/pixel (Grafico 1), mediamente pari a 6,27 m<sup>3</sup>/pixel (Dev. ST pari a 3,77 m<sup>3</sup>/pixel). Invece, le altezze dendrometriche (Figura 2) sono risultate mediamente pari a 8,88 m, comprese tra 0,04 e 23,48 m (Grafico 2) (Dev. ST pari a 3,68 m).

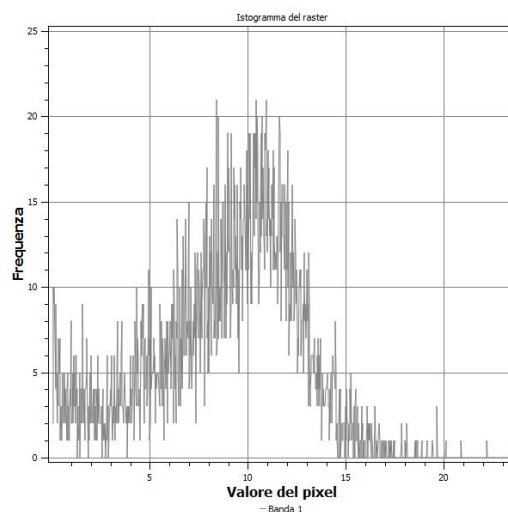
I valori minimi dei raster di  $V_d$  ed  $H_d$  riferiti all'intera superficie a castagno esaminata, sono dovuti alla presenza all'interno dell'area di studio, di radure e soprattutto sezioni di taglio, che al momento del volo Lidar (2011), presentavano pochi anni di età, tenendo conto dell'importanza del regime di pianificazione e utilizzazione, a cui sono stati sottoposti i cedui di castagno dell'area, in base al sopracitato piano di gestione forestale.

<sup>17</sup> Per le statistiche descrittive dei dati raster relativi alle tre tipologie forestali esaminate nella loro interezza, è stata utilizzata la funzione di analisi "Metadati" di Quantum GIS.

**Grafico 1** - Istogramma valori dei raster dei Volumi dendrometrici ( $\text{m}^3/400\text{m}^2$ ) e loro frequenza ( $\text{n}^\circ$  di pixel) - relativi ai cedui di castagno

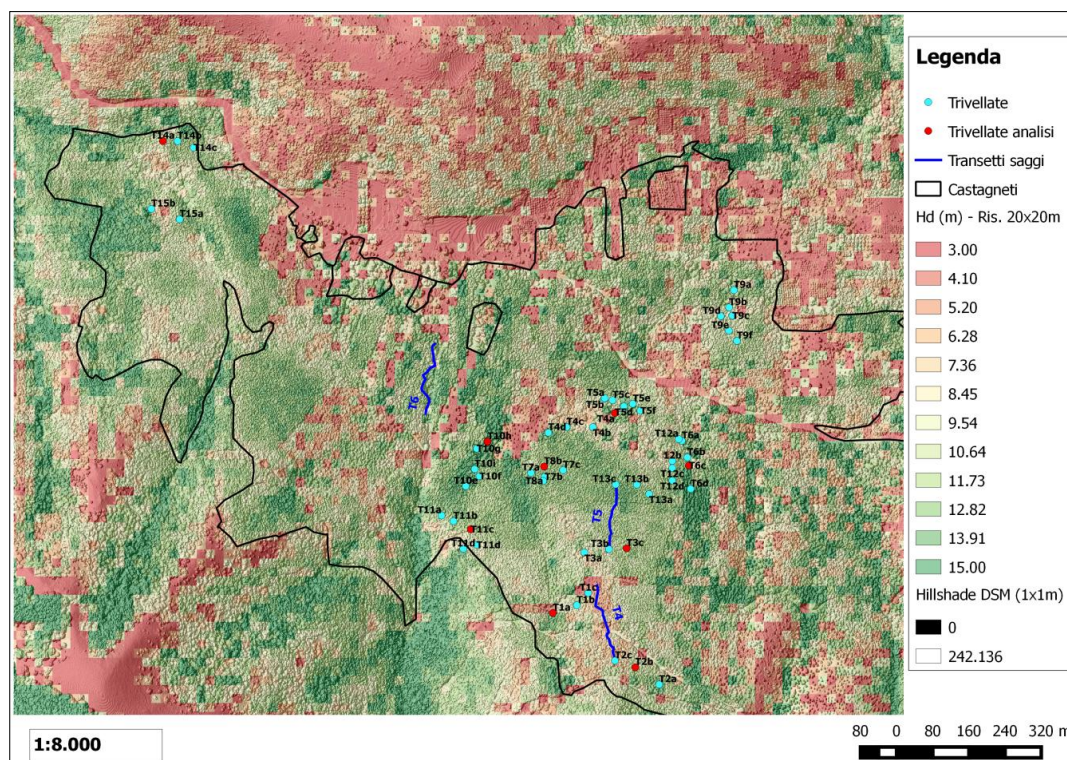


**Grafico 2** - Istogramma valori dei raster delle Altezze dendrometriche (m) e loro frequenza ( $\text{n}^\circ$  pixel) - relativi ai cedui di castagno



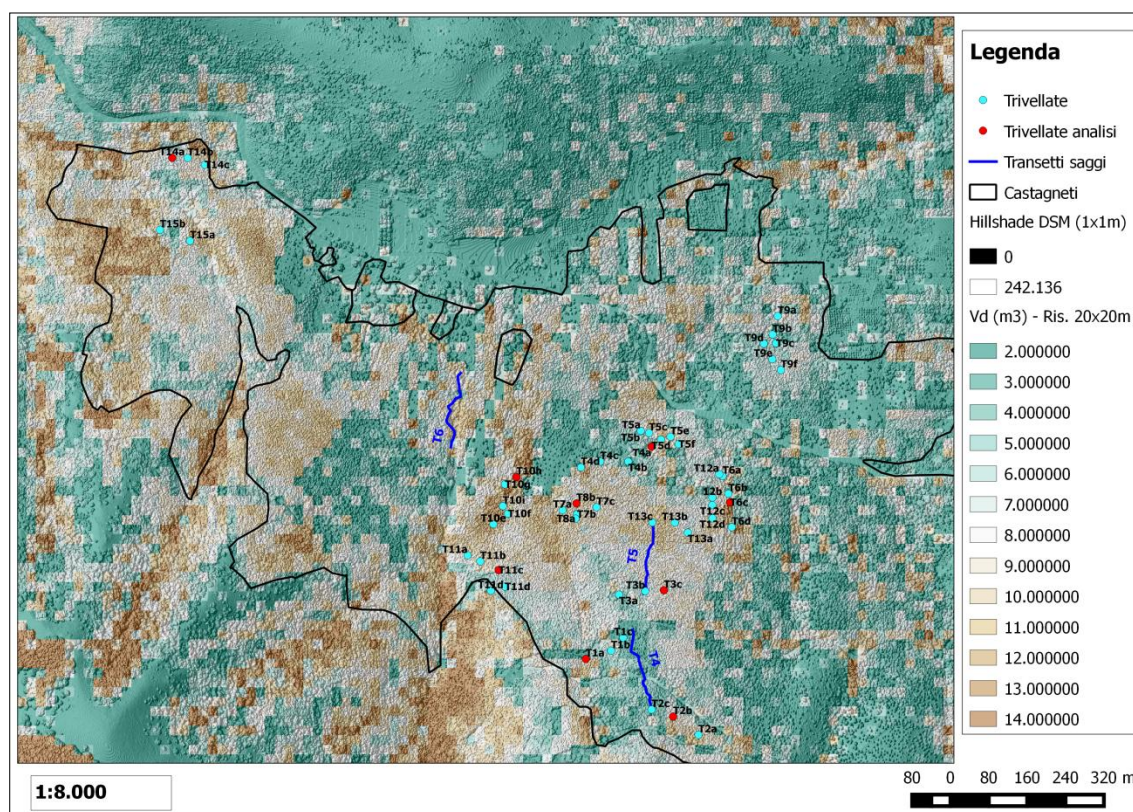
Invece, dall'elaborazione dei dati relativi alle 105 osservazioni campionarie, i volumi dei pixel in cui rientravano le trivellate ed i saggi di profondità erano compresi tra 11,72 e 0,80  $\text{m}^3/\text{pixel}$  ed il valore medio si attesta a 7,48  $\text{m}^3/\text{pixel}$ . Per quanto riguarda le altezze dei soprassuoli su cui è stato svolto il campionamento pedologico, queste variavano tra 3,09 e 14,48 m e la loro media è pari a 9,49 m. Quindi, i dati dendrometrici medi del campionamento si avvicinano ai valori medi del popolamento indagato.

**Figura 2** - Carta delle altezze dendrometriche del popolamento di castagno indagato.





**Figura 3** - Carta dei volumi dendrometrici del popolamento di castagno indagato.



**Tabella 5** - Statistiche relative a volumi ed alle altezze dendrometriche dei pixel in cui ricadevano le osservazioni campionarie all'interno del popolamento di castagno.

Statistiche	Vol. dendr. (m3/400 m2)	Altezza dendr. (H media/400 m2)
Media	7,48	9,49
Max	11,72	14,48
min	0,80	3,09
Varianza	6,68	5,71
Deviazione Standard	2,58	2,39
Errore Standard	0,25	0,23
Coefficiente di Variazione	34,54	25,19

## 1.2 Dati topografici del popolamento e delle osservazioni campionarie eseguite sul castagno

Per quanto riguarda le caratteristiche topografiche ed in modo particolare l'altitudine e le pendenze dell'intero popolamento di castagno oggetto di studio ed i valori di tali parametri osservati nei punti campionati (trivellate e saggi di profondità), si riportano nella seguente tabella, le statistiche più significative che caratterizzano i dati raster di tali parametri della DTA.

**Tabella 6** - Rappresentazione sinottica dei dati relativi alle quote ed alle pendenze dell' intero popolamento di castagno ed ai punti del campionamento

Riferimento	Statistica	Quota (m slm)	Pendenza (%)
<b>Popolamento</b>	Media	793	46,48
	Max	1.066	99,90
	min	549	3,64
	Dev. ST	112,67	16,51
<b>Campionamento</b>	Media	758	47,47
	Max	1.026	65,11
	min	603	15,53
	Dev. ST	113,36	15,18

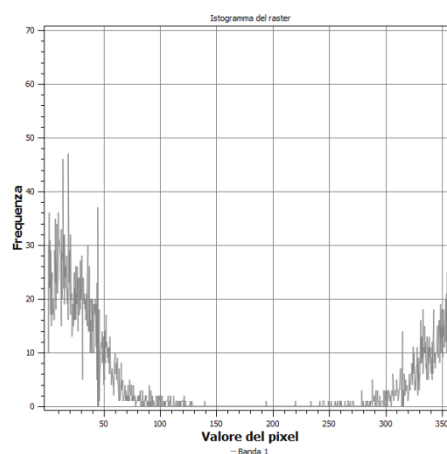
Dall' osservazione dei dati riportati in tabella, mediamente i valori del campionamento pedologico (105 osservazioni), rispecchiano quelli del popolamento di castagno indagato.

Invece, per quanto riguarda l' esposizione il popolamento vegeta su versanti esposti prevalentemente a: NORD, NOR-EST e NORD-OVEST (Grafico 3), coerentemente il campionamento è stato svolto prevalentemente in siti che riportavano esposizione NORD e NORD-EST (Tabella 7).

**Tabella 7** - Osservazioni campionarie divise in classi di esposizione e relative frequenze.

Classe esposizione	Intervallo (°)	N° Osservazioni	Tasso
NORD	(337,6 - 22,5)	48	45,71%
NORD - EST	(22,5 - 67,5)	25	23,81%
EST	(67,6 - 112,5)	9	8,57%
SUD - EST	(112,6 - 157,5)	4	3,81%
SUD	(157,6 - 202,5)	10	9,52%
SUD - OVEST	(202,6 - 247,5)	0	0,00%
OVEST	(247,6 - 292,5)	0	0,00%
NORD - OVEST	(292,6 - 337,5)	9	8,57%

**Grafico 3** - Istogramma frequenza (n° di pixel) e valori di esposizione in gradi sessagesimali



### 1.3 Descrizioni delle principali forme di paesaggio del castagno

Il popolamento di castagno oggetto di studio, vegeta su di un versante esposto a Nord, che degrada verso una vallata intermontana, il suo profilo presenta molteplici incisioni, anche profonde come "*Valle Oscura*" (Figura 1). Come esposto nel capitolo precedente (vedi Cap. 3 - par. 3.5) si è tentato di dare una traduzione italiana alla terminologia che si riporta nella letteratura internazionale (*Guisan et al.*, 1999; *Weiss*, 2000; *Wilson & Gallant*, 2000; *Zawawi et al.*, 2014), per identificare le varie *Landforms* che si basano sul TPI, prodotte utilizzando SAGA.

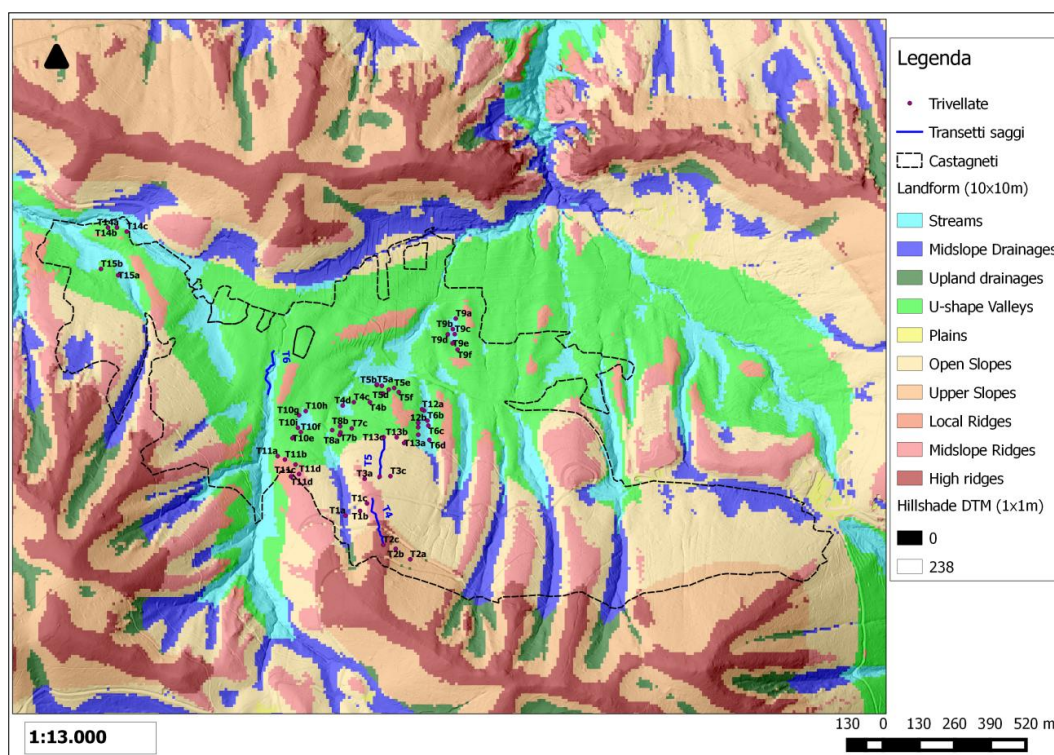


Seppur tale classificazione è molto utilizzata, attualmente nella letteratura italiana, scarseggia la traduzione delle 10 classi, secondo quanto esposto nel Capitolo Materiali e Metodi se ne riporta la traduzione:

Lanforms Value	Inglese	Italiano
0	Streams	Impluvi profondi e Canyon
1	Midslope Drainages	Vallecole ed impluvi poco profondi
2	Upland drainages	Siti superiori di drenaggio montano
3	U-shape Valleys	Piè versante e Valli a forma di U
4	Plains	Pianure e Pianori
5	Open Slopes	Medio Versante
6	Upper Slopes	Alto Versante
7	Local Ridges	Convessità e Crinali isolati in pianure e pianori
8	Midslope Ridges	Convessità e Crinali inferiori
9	High ridges	Crinali

In base alla Carta delle *Landforms*, con risoluzione di 10 x 10 m, di cui se ne riporta un' estratto relativo al popolamento oggetto di studio (Figura 4), nell' area esaminata sono presenti nove forme di paesaggio, le principali categorie geomorfologiche osservabili, sono il Piè Versante e zone Vallive ed il Medio Versante (*U-shape Valleys* & *Open Slopes*) che occupano rispettivamente circa 35,15% ed il 29,21% dell' area in questione (Tabella 8).

**Figura 4** - Forme di paesaggio su cui vegeta il popolamento di castagno del Camposauro

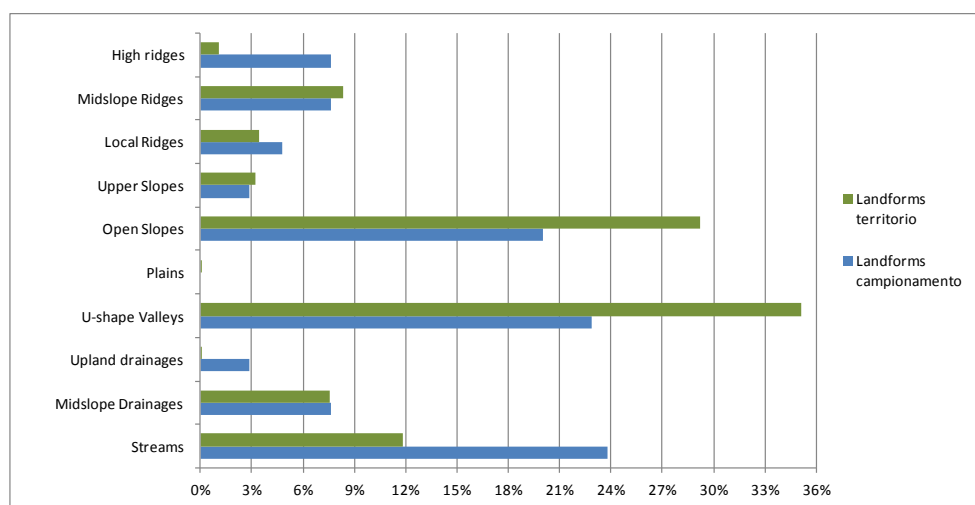


**Tabella 8** - Classificazione geomorfologica dell' area occupata dal popolamento di castagno e relative estensioni delle varie forme di paesaggio

Landforms	Classe	Sup. (Ha)	Frequenza
Streams	0	22,653	11,82%
Midslope Drainages	1	14,520	7,58%
Upland drainages	2	0,200	0,10%
U-shape Valleys	3	67,342	35,15%
Plains	4	0,210	0,11%
Open Slopes	5	55,959	29,21%
Upper Slopes	6	6,130	3,20%
Local Ridges	7	6,560	3,42%
Midslope Ridges	8	15,981	8,34%
High ridges	9	2,040	1,06%

Invece, per quanto riguarda la descrizione delle forme del paesaggio ove è stato effettuato il campionamento pedologico, si evidenzia che il 22,86% delle osservazioni è stato svolto in zone vallive e di piè versante ed il 20,00% sui medi versanti, diversamente per gli obbiettivi del lavoro il 23,81% delle osservazioni è stato svolto in condizioni di impluvi profondi (Grafico 4), la terza forma di paesaggio che caratterizza l' area in questione (Tabella 8).

**Grafico 4** - Ripartizione delle forme di paesaggio che caratterizzano l' area a castagno e divisione delle osservazioni campionarie per ambienti geomorfologici.



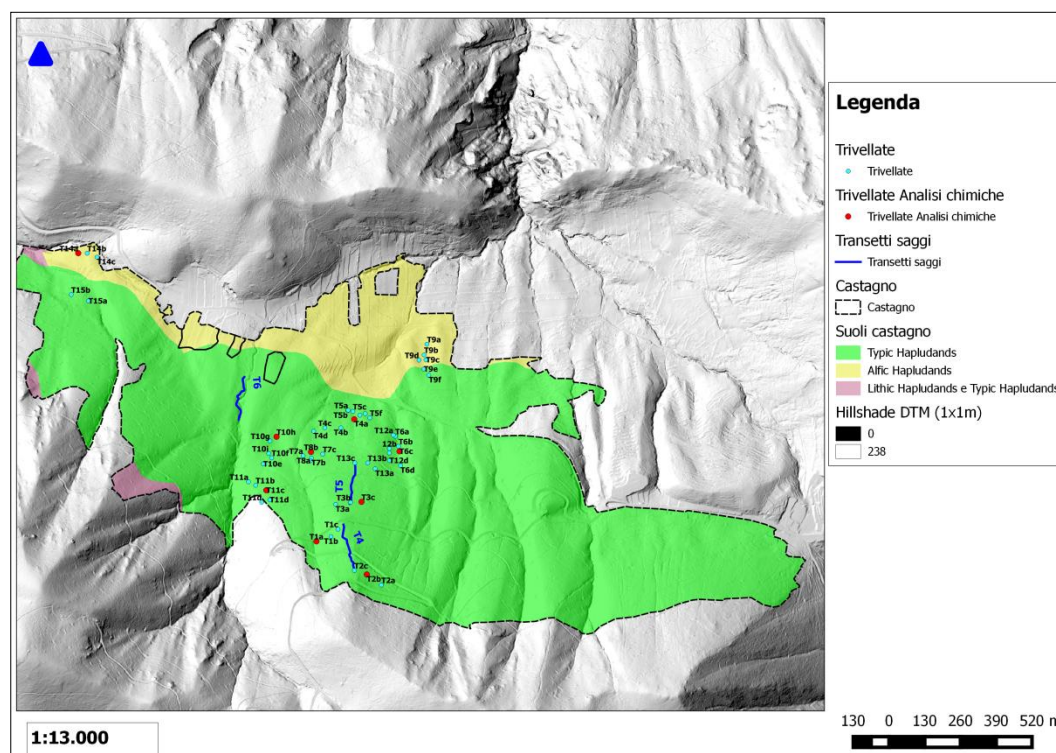
#### 1.4 Descrizione della Litologia e dei Suoli dell' area di studio e di quelli campionati

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 in formato shape (APAT, 2008), i castagneti dell' area di studio vegetano prevalentemente su substrati di natura calcarea e nello specifico la litologia per circa 106,34 ha (55,52%) è rappresentata da Calcari compatti duri e per circa 85,20 ha (44,48%) da Depositi ghiaiosi non cementati di scarpata.

Circa la metà delle osservazioni campionarie sono state svolte sui Calcari compatti duri, ovvero 53 osservazioni pari al 50,48% del totale e l' altra metà sui Depositi ghiaiosi non

cementati di scarpata (49,52%) pari a 52 osservazioni. Il campionamento ha rispettato le caratteristiche litologiche dell' area indagata. Il popolamento di castagno oggetto di studio secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000, in cui è stata utilizzata la Classificazione Proposta dalla *Soil Taxonomy* (1998), ricade in due sotto gruppi principali i *Typic Hapludands* e gli *Alfic Hapludands* sporadicamente si rinviene l' associazione tra *Lithic Hapludands* & *Typic Hapludands* (Tabella 9).

**Figura 5** - Suoli su cui vegeta il popolamento di castagno del Camposauro



**Tabella 9** - Suoli dei castagneti dell' area di studio

Suoli (USDA, 1998)	Sup. (Ha)	Frequenza
Typic Hapludands	164,03	85,61%
Alfic Hapludands	24,84	12,96%
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	2,66	1,39%

**Tabella 10** - Suoli dei castagneti campionati

Suoli (USDA, 1998)	N° osservazioni	Frequenza
Typic Hapludands	98	93,33%
Alfic Hapludands	7	6,67%
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	0	0,00%

Coerentemente alle caratteristiche pedologiche dell' area indagata, il campionamento si è concentrato sugli *Hapludands* tipici, con 98 osservazioni, pari al 93,33% del campione, il sottogruppo di suoli prevalenti nell' area (pari all' 85,61% delle superfici esaminate), in secondo luogo il campionamento ha riguardato anche gli *Hapludands* alfici, con 7 osservazioni campionarie pari al 6,67% (Tabella 10).

#### **1.4.1 Andamento della profondità del suolo in relazione alle forme di paesaggio**

Il campionamento pedologico sul castagno, ammonta a 105 osservazioni, 56 trivellate ripartite in 15 transetti e 49 saggi di profondità (3 transetti), individuati in ambiente GIS e con il campionamento pedologico in campo, secondo la logica esposta nei materiali e metodi (vedi Cap. 3).

I saggi di profondità sono stati svolti su tre transetti rappresentativi di tre diversi ambienti geomorfologici:

- Transetto T4 - Località "*Arolo*" (Figura 6): 15 saggi di profondità svolti su di un Crinale lungo un transetto di 187 m (Landforms: *High ridge & Midslope Ridge*)

- Transetto T5 - Località "*Arolo*" (Figura 6): 15 saggi di profondità svolti lungo un medio versante su di un transetto di 159 m (Landform: *Open Slope*) - Foto 1

- Transetto T6 - Località "*Valle Oscura*" (Figura 7): 19 saggi di profondità svolti prevalentemente seguendo il corso di un impluvio profondo lungo un transetto di 183 m (Landforms: *Streams & U-shape Valleys*) - Foto 2

Le 56 trivellate sono state svolte campionando tutti gli orizzonti pedologici, fino alla roccia o fino a 230 cm di profondità (lunghezza della trivella con prolunga); pertanto, anche le trivellate possono essere considerate rappresentative ed utilizzabili per l'analisi della profondità del suolo. All'interno della particella N° 6 del PAF di Vitulano, sono state prelevate 43 trivellate, 3 trivellate sono state svolte all'interno della particella forestale N° 3 e 2 all'interno delle particella N° 4. Altre 8 trivellate sono state svolte in particelle limitrofe, di proprietà privata. Per una più chiara comprensione della localizzazione delle trivellate eseguite sui castagneti e per avere informazioni più precise sulle forme di paesaggio in cui sono state effettuate, si rimanda alla visione della Figura 1 e della Figura 4.

In base ai dati emersi dall'elaborazioni delle profondità rilevate con le trivellate e con i saggi di profondità, i suoli dei castagneti sono mediamente profondi 97,2 cm, con un'intervallo di variazione molto elevato compreso tra 24 e 230 cm (Dev. ST = 45,06 cm). Nei nove ambienti geomorfologici esaminati, i suoli più profondi sono stati osservati lungo i medi versanti (*Open Slopes*), con una profondità mediamente pari a 119,19 cm (Dev. ST 55,99 cm), su bassi versanti e zone vallive (*U-Shape Valleys*), dove la profondità media è pari a 109,25 cm (Dev. ST 36,74 cm). Invece, i suoli più sottili sono stati osservati lungo i crinali inferiori o secondari (*Midslope Ridge*) con un valore medio di 57,13 cm (Dev. ST 20,25 cm) e lungo i crinali superiori o principali (*High Ridges*), in cui è la profondità media è pari a 62,38 cm (7,52 cm). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella, i dati statistici relativi alla *soil depth*



rilevata nelle varie forme di paesaggio e nel seguente istogramma si mostra il suo andamento in base alle forme di paesaggio.

**Foto 1-** Ambiente Transetto T5



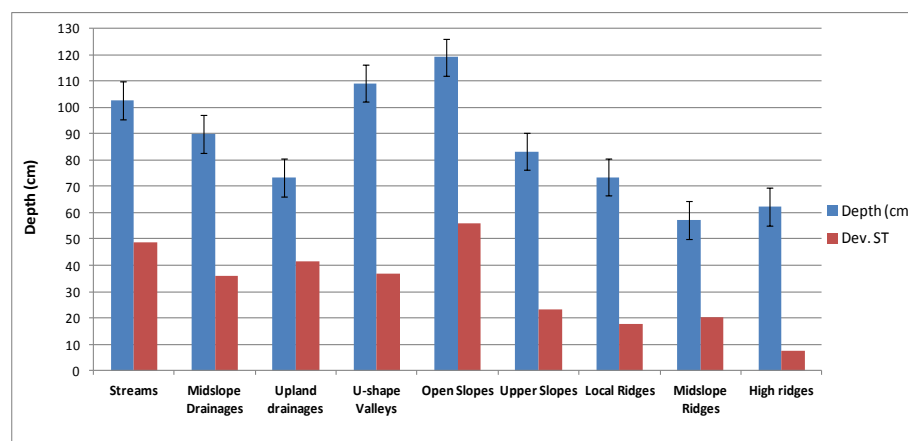
**Foto 2 -** Ambiente Transetto T6



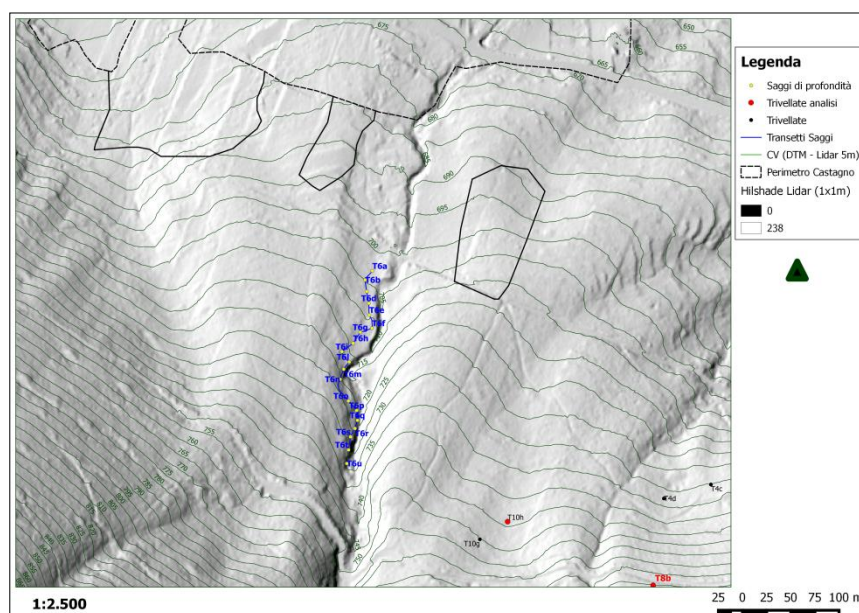
**Tabella 11** - Statistiche descrittive della *Soil Depth* rilevata nelle varie forme di paesaggio dei cedui di castagno

Landforms	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Depth (cm)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Streams	25	23,81%	102,80	2369,33	48,68	9,74	47,35
Midslope Drainages	8	7,62%	90,00	1297,43	36,02	12,73	40,02
Upland drainages	3	2,86%	73,33	1733,33	41,63	24,04	56,77
U-shape Valleys	24	22,86%	109,25	1350,02	36,74	7,50	33,63
Open Slopes	21	20,00%	119,19	3135,06	55,99	12,22	46,98
Upper Slopes	3	2,86%	83,33	533,33	23,09	13,33	27,71
Local Ridges	5	4,76%	73,60	304,80	17,46	7,81	23,72
Midslope Ridges	8	7,62%	57,13	410,13	20,25	7,16	35,45
High ridges	8	7,62%	62,38	56,55	7,52	2,66	12,06
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>105</b>	<b>100%</b>	<b>97,23</b>	<b>2030,54</b>	<b>45,06</b>	<b>4,40</b>	<b>46,35</b>

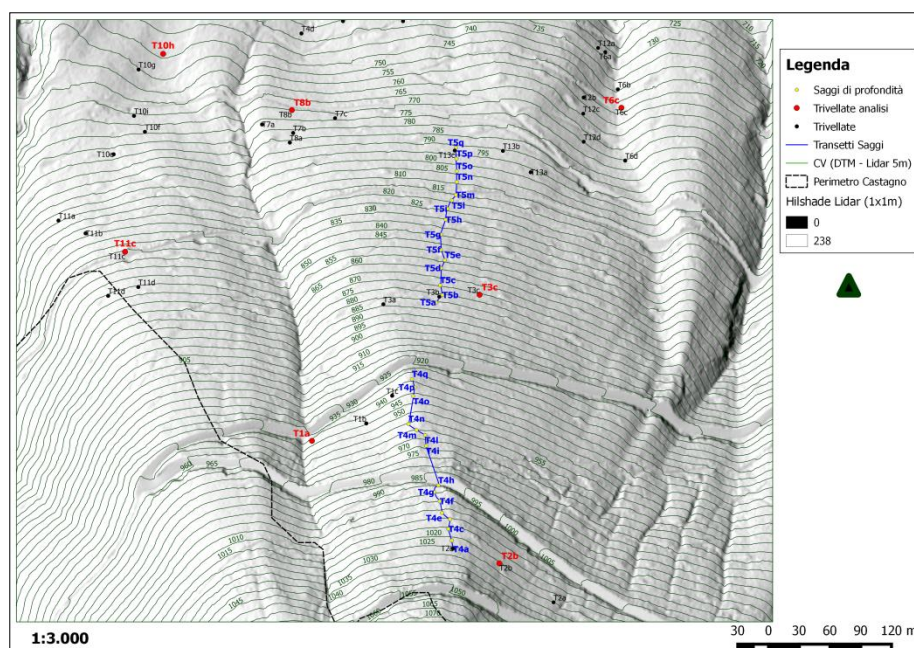
**Grafico 5** - Istogramma *soil depth* ed ambienti geomorfologici del castagno, con barra delle profondità medie del suolo (blu), barre deviazione standard (rosso) e linee per l'Errore Standard (nero)



**Figura 6 - Inquadramento Transetto T6**



**Figura 7 - Inquadramento Transetti T4 e T5**



#### ***1.4.2 Descrizione morfologica dei rilievi rappresentativi***

Le cinquantasei trivellate effettuate su castagno sono state sottoposte alle analisi speditive di campagna, su ogni orizzonte pedologico con le metodologie esposte nel capitolo precedente, sono stati stimati: colore, tessitura, scheletro, calcare e proprietà andiche. Successivamente sono state selezionate nove trivellate prelevate negli ambienti geomorfologici più rappresentativi e che presentavano un'orizzontazione interessante (vedi Cap. 3 par. 7.). Gli

orizzonti di tali trivellate sono stati sottoposti alle seguenti analisi chimiche: pH in H<sub>2</sub>O, pH in KCl, pH in NaF, Contenuto in SO, la CSC ed il calcare totale solo per gli orizzonti che avessero mostrato un' apprezzabile presenza di calcare durante il test preliminare dell' effervescenza con l' HCl.

Le analisi delle granulometrie sui suoli andici risultano difficili, in quanto gli aggregati di tali suoli sono molto difficili da disperdere in laboratorio, a causa delle alte cariche pH dipendenti (Mizota & Van Reeuwijk, 1989); pertanto, si è scelto di usare le classi per la stima della tessitura di campo.

Nel complesso i suoli campionati, si sono sviluppati su versanti ripidi esposti prevalentemente a Nord, su substrato calcareo con coperture piroclastiche quaternarie e materiale parentale rappresentato da depositi piroclastici da caduta. Tali suoli presentano pietrosità e rocciosità superficiale assente e marginalmente osservabile solo nelle stazioni più erose e disturbate.

Sono suoli da profondi a molto profondi, con tessitura da grossolana in superficie a moderatamente fine in profondità; si presentano ben drenati, con permeabilità alta e la profondità utile alla radicazione è alta e non presentano segni di idromorfia.

Dal punto di vista chimico sono suoli ricchissimi in sostanza organica, in superficie presentano contenuti di SO con punte del 19-20% negli orizzonti A, ciò è dovuto alla decomposizione della lettiera del castagno che si presenta spessa, abbondante e con rare discontinuità su tutto il suolo boscato. Negli orizzonti profondi il contenuto in SO rimane abbastanza elevato e non scende mai sotto il 2%. Generalmente, tali suoli presentano un pH da acido a neutro in superficie e da subacido a neutro in profondità. Tenendo conto dei test di campagna e soprattutto delle analisi del pH in NaF, quasi tutti gli orizzonti sia superficiali che quelli profondi, presentano un valore superiore a 9.4; quindi, sono suoli con spiccate proprietà andiche (Kleber *et al.*, 2004) e ricchi in minerali argillosi allofanici (Vingiani & Terribile, 2007). Sono suoli generalmente non calcarei, raramente scarsamente calcarei.

Nel complesso i suoli indagati rientrano negli *Hapludands* Tipici o Alfici mediali, amorfi o vetrosi, superattivi e mesici (*Soil Taxonomy*, 1998).

Al fine di confrontare i dati dei suoli indagati con i parametri di stazione è stato necessario aggregare i dati analitici ottenuti dai singoli orizzonti pedologici e si è proceduto ad effettuare delle medie ponderate in base alle spessore di ciascun orizzonte lungo la trivellata. Quindi, moltiplicando il valore del parametro chimico per lo spessore dell' orizzonte stesso e



dividendo la sommatoria dei prodotti, per lo spessore totale della trivellata, è stato ottenuto un unico valore ponderato di ciascun parametro chimico elencato in precedenza, riferito ad ogni trivellata. Per i parametri qualitativi tessitura e scheletro si riportano le scale numeriche esposte nel capitolo precedente. Per la tessitura i valori numerici superiori, corrispondono a tessiture più grossolane ed i valori inferiori, a tessiture più fini. Si riporta sinteticamente di seguito la scala relativa alla tessitura:

<b>Tessitura (USDA, 2006)</b>	<b>Classe</b>	<b>Valori Scala</b>
Argilloso	A	1
Argilloso-Limoso	AL	2
Argilloso-Sabbioso	AS	3
Franco-Argilloso	FA	4
Franco - Argilloso - Limoso	FAL	5
Franco - Argilloso-Sabbioso	FAS	6
Limoso	L	7
Franco-Limoso	FL	8
Franco	F	9
Franco-Sabbioso	FS	10
Sabbioso-Franco	SF	11
Sabbioso	S	12

Anche per lo scheletro i valori superiori della scala, corrispondono a maggiore abbondanza di scheletro e viceversa. Si riporta sinteticamente di seguito la scala per lo scheletro:

<b>Abbondanza scheletro</b>	<b>Frequenza</b>	<b>Valori SCALA</b>
Assenti	<1%	0
Scarse	1-5%	1
Comuni	5-15%	2
Frequenti	15-35%	3
Abbondanti	35-70%	4
Molto Abbondanti	>70%	5

In base a quanto emerso dai risultati sulle proprietà chimico-fisiche degli orizzonti appartenenti alle trivellate selezionate e sottoposte ad analisi chimiche (Tabella 12 e 13):

- i. Tutti i suoli sono ubicati su substrato calcareo ma nessuno di essi mostra quantitativi significativi di carbonato di calcio. Ciò è coerente con l'origine alloctona del *parent material* – presumibilmente tutto di origine vulcanica.
- ii. La maggior parte dei suoli mostra profondità superiori ai 90 cm (*Open Slopes*, *U-Shape Valleys*, *Streams*, *Local ridges*). I suoli più esili si rinvencono lungo gli *Upper Slopes* (70 cm) mentre i suoli più profondi si rinvencono nelle *U-shape Valleys* and *Streams* ( $\geq 190$  cm).

- iii. In alcuni dei suoli più profondi (*Streams*) si rinviene la presenza di suoli sepolti; infatti, i contenuti di sostanza organica non sempre decrescono linearmente con la profondità.
- iv. Tutti i suoli superficiali sono molto scuri e tutti i suoli hanno contenuti molto elevati di sostanza organica, anche in profondità. Ciò denota l'evoluzione colluviale dei suoli e la presenza di stock di C particolarmente alti.
- v. Tutti i suoli (con l'eccezione di T11c effettuata su di un *Local Ridge*) sono privi di scheletro. Gran parte dei suoli hanno una tessitura che varia da franca-argillosa a sabbioso-franca (vedi Tabella 13). Nonostante in profondità è frequente rinvenire tessiture più argillose (T4a e T6c eseguite, rispettivamente in condizioni di *Streams* ed *U-Shape Valleys*). Ciò potrebbe essere imputabile alla presenza di possibili discontinuità litologiche, non sempre rinvenute nelle attività di campo.
- vi. I suoli sono quasi tutti da neutri a sub-acidi. Il pH tende all'acidità solo in T14a (*U-shape Valley*). In tutti i suoli il pH tende ad aumentare con la profondità denotando processi di lisciviazione a carico dei cationi metallo-alcalini del suolo.
- vii. Tutti i suoli hanno un'elevata andicità con pH in NaF che variano mediamente da 9,98 a 10,97. Frequentemente la presenza di orizzonti sepolti si accompagna ad andicità molto elevata (Ab in T10h effettuata in condizioni di *Stream*). Si evidenzia che non sempre il test di campo per l'andicità ha dato i risultati attesi (es. A in T1a) .
- viii. La CSC è sempre molto elevata, in accordo con le elevate concentrazioni di sostanza organica.

Inoltre, si evidenzia quanto segue:

- i. Tramite la trivellata T10h effettuata in ambiente di *Streams* e la T8b effettuata in *U-Shape Valley*, sono stati campionati i suoli più profondi (> 200 cm); probabilmente, come diretta conseguenza della profondità totale, sulla T10h sono stati campionati anche gli orizzonti A ed AB più spessi e tale trivellata è l' unica eseguita su castagno, in cui sono stati osservati orizzonti Ab ed Bb.
- ii. Inoltre, la trivellata T8b (*U-Shape Valley*) è quella su cui è stato osservato l' orizzonte B più spesso (160 cm), anche tale risultato probabilmente risulta essere una diretta conseguenza dello spessore elevato di tale suolo campionato.
- iii. La trivellata dove il suolo era più sottile, risulta la T2b (70 cm), eseguita in condizioni di *Upper Slope*.
- iv. L' unica trivellata in cui è stato possibile prelevare l' orizzonte C (20 cm), è risultata la T11c, eseguita su di un *Local Ridge*.
- v. La trivellata con la tessitura più fine è risultata la T2b, con una tessitura di tipo franco-argillosa-limosa, eseguita in condizioni di *Upper Slope*; mentre, quella con la tessitura più

grossolana è la T3c, mediamente con una tessitura franco-sabbiosa ed eseguita in condizioni *Open Slope*.

- vi. La trivellata in cui tutti e tre i pH sono risultati più alti, è la T1a effettuata in condizioni di *Midslope Drainage*.
- vii. Mentre il pH in H<sub>2</sub>O più acido è stato rilevato per la trivellata T14a, eseguita in *U-Shape Valley*, il pH in KCl più acido è stato osservato per la trivellata T8b (*U-Shape Valley*) e la trivellata con il pH in NaF più basso è risultata la T14a (*U-Shape Valley*).
- viii. La trivellata T1a (*Midslope Drainage*) oltre ad essere quella con i pH più alti, è risultata anche quella con il più alto contenuto di sostanza organica, mediamente pari al 9,21% e quella con la capacità di scambio cationico più alta, mediamente pari a 44,01 cmol +/Kg.
- ix. La trivellata con il più basso contenuto in sostanza organica è risultata la T14a (*U-Shape Valley*) pari al 3,08%.
- x. La trivellata con la CSC più bassa è risultata la T8b(*U-Shape Valley*), pari a 34,78 cmol +/Kg.

Il dato più evidente è che la trivellata dove i volumi e le altezze sono risultati più elevati, è la T10h, svolta in un impluvio profondo (*Streams*) a cui corrisponde uno dei due suoli più profondi, con un'orizzontazione complessa, l'unica in cui sono stati osservati orizzonti Ab e Bb e dove sono stati osservati gli orizzonti A, AB più profondi. Invece, i volumi e le altezze inferiori sono state osservate in prossimità della trivellata T2b eseguita in un alto versante (*Upper Slope*), dov'è stato osservato il suolo meno profondo e con la tessitura più fine.

Nella Tabella 13 si riporta la descrizione morfologica e le caratteristiche chimiche degli orizzonti delle 9 trivellate selezionate, il contesto geomorfologico e l'altitudine che caratterizzano ciascuna trivellata; in merito al significato numerico delle classi per la stima della tessitura di campo e dello scheletro, si rimanda a quanto esposto precedentemente nel paragrafo. Inoltre, si rimanda all'ALLEGATO 1 della tesi per una visione complessiva delle analisi di campagna eseguite su tutti gli orizzonti campionati sul castagno.

**Tabella 12** - Valori medi ponderati delle caratteristiche chimiche e morfologiche delle nove trivellate sottoposte ad analisi chimiche, prelevate su ceduo di castagno

Trivellata	Landforms	Altitudine (m slm)	Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Tot (cm)	Orizzonte A (cm)	Orizzonte AB (cm)	Orizzonte B (cm)	Orizzonte Ab (cm)	Orizzonte Bb (cm)	Orizzonte C (cm)	Scheletro	Tessitura	pH H2O	pH KCl	pH NaF	Calcare Tot. (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	CSC (cmol +/kg)
T1a	Midslope Drainages	638	8,884	9,66	90,00	25	7	58	0	0	0	0	10	6,90	6,06	10,97	1,04	92,11	44,008
T2b	Upper Slopes	861	5,852	8,44	70,00	10	15	45	0	0	0	0	5	6,71	5,93	10,96	0,00	82,17	42,023
T3c	Open Slopes	715	8,645	10,33	100,00	30	15	55	0	0	0	0	10	6,56	5,83	10,72	1,93	83,07	42,940
T4a	U-shape Valleys	637	6,279	9,79	190,00	40	20	130	0	0	0	0	7	6,67	5,40	10,58	0,00	55,85	38,179
T6c	Streams	771	8,894	11,82	150,00	40	25	85	0	0	0	0	5	6,62	5,49	10,60	1,44	54,10	35,575
T8b	U-shape Valleys	657	8,590	10,60	200,00	25	15	160	0	0	0	0	7	6,63	5,17	10,43	0,00	39,80	34,779
T10h	Streams	640	10,321	13,34	200,00	80	40	0	40	40	0	0	7	6,48	5,39	10,61	0,00	63,62	36,594
T11c	Local Ridges	611	8,201	10,36	110,00	10	30	50	0	0	20	2	8	6,67	5,98	10,88	0,00	85,98	41,449
T14a	U-shape Valleys	730	7,085	9,29	105,00	10	20	75	0	0	0	0	6	5,40	5,18	9,98	3,00	30,81	35,623
Media		695,45	8,08	10,40	135,00	30,00	20,78	73,11	4,44	4,44	2,22	0	7,22	6,52	5,60	10,64	0,82	65,28	39,02

**Tabella 13** - Descrizione morfologica e analisi chimiche degli orizzonti delle trivellate analizzate e prelevate sui cedui di castagno

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Landforms	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura	pH H2O	pH KCl	pH NaF	Calcare Tot. (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	CSC (cmol +/kg)
<b>T1a</b>	466950 - 4559005	<i>Midslope Drainages</i>	A	0	25	Non calcareo	Scarsamente Andico	10YR 2/2	0%	FL	6,65	5,81	10,89	0,00	127,87	50,78
			AB	25	32	Non calcareo	Andico	10YR 3/2	2%	F	6,68	5,78	10,78	0,00	128,95	49,92
			Bw1	32	45	Molto Scarsamente calcareo	Scarsamente Andico	10YR 3/3	0%	SF	6,87	6,12	11,06	7,19	82,80	41,71
			Bw2	45	60	Non calcareo	Andico	10YR 4/3	0%	FS	7,02	6,22	10,99	0,00	73,83	42,41
			Bw3	60	90	Non calcareo	Andico	10YR 4/4	0%	SF	7,11	6,22	11,03	0,00	66,87	38,78
			R	90+												
<b>T2b</b>	467133 - 4558885	<i>Upper Slopes</i>	A	0	10	Non calcareo	Molto Scarsamente andico	7,5 YR 3/2	<1%	SF	6,17	5,96	11,02	0,00	197,64	62,77
			AB	10	25	Non calcareo	Andico	10YR 3/4	<1%	AS	6,31	5,74	11,00	0,00	105,03	45,54
			Bw1	25	40	Non calcareo	Molto Andico	10YR 3/3	<1%	F	6,63	5,92	11,03	0,00	61,74	35,06
			Bw2	40	70	Non calcareo	Andico	10YR 3/6	<1%	AL	7,13	6,03	10,88	0,00	42,47	36,83
			R	70+												
<b>T3c</b>	467113 - 4559148	<i>Open Slopes</i>	A1	0	5	Non calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 2/1	1-2%	SF	5,79	5,71	9,97	0,00	198,83	55,82
			A2	5	30	Molto scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	FS	6,13	5,83	10,59	7,71	120,97	50,81
			AB	30	45	Non calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FS	6,60	5,91	10,74	0,00	78,61	38,89
			Bw1	45	70	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	SF	6,73	5,81	10,90	0,00	57,63	35,63
			Bw2	70	100+	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	<1%	F	6,89	5,81	10,79	0,00	55,61	42,35
			R													
<b>T4a</b>	467087 - 4559448	<i>U-shape Valleys</i>	A1	0	30	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	F	6,27	5,61	10,61	0,00	111,46	50,06
			A2	30	40	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/3	<1%	FL	6,48	5,67	11,00	0,00	97,11	45,37
			AB	40	60	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	SF	6,65	5,63	10,97	0,00	67,50	37,88
			Bw1	60	75	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/6	<1%	F	6,72	5,62	11,09	0,00	60,22	36,48
			Bw2	75	110	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	<1%	FS	6,82	5,54	11,22	0,00	51,31	39,67
			Bw3	110	130	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL	6,77	5,20	10,30	0,00	34,40	29,63
			Bw4	130	190 +	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	AL	6,76	5,10	9,96	0,00	25,99	33,55
<b>T6c</b>	467252 - 4559332	<i>Streams</i>	A1	0	25	Non Calcareo	Molto Andico	10YR 3/2	<1%	FAS	6,12	5,48	10,65	0,00	86,92	36,79
			A2	25	40	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 4/3	<1%	FL	6,23	5,42	10,62	0,00	63,63	35,82
			AB	40	65	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FL	6,48	5,61	10,63	0,00	59,16	34,62
			Bw1	65	85	Molto Scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FA	6,51	5,40	10,77	7,39	50,67	38,70
			Bw2	85	105	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/2	<1%	FL	6,73	5,60	10,70	0,00	53,07	33,20
			Bw3	105	140	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	AL	7,14	5,36	10,36	0,00	27,40	34,71
			Bw4	140	150	Scarsamente Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	AL	6,99	5,78	10,60	6,77	47,50	36,07
			R	150+												

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Landforms	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura	pH H2O	pH KCl	pH NaF	Calcare Tot. (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	CSC (cmol +/kg)
<b>T8b</b>	46693 - 4559330	<i>U-shape Valleys</i>	A1	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/2	< 1 %	SF	5,93	5,31	10,34	0	124,85	41,92
			A2	10	25	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/3	< 1 %	SF	6,22	5,34	10,75	0	84,89	37,03
			AB	25	40	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	< 1 %	SF	6,16	5,17	11,3	0	74,26	40,41
			Bw1	40	60	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/6	< 1 %	FAS	6,56	5,16	10,94	0	45,89	33,44
			Bw2	60	100	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1 %	FS	6,23	4,38	10,27	0	22,90	34,77
			Bw3	100	140	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/6	< 1 %	FAL	6,68	5,38	10,45	0	29,48	33,14
			Bw4	140	170	Molto Scarsamente Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1 %	FAL	7,02	5,32	10,33	0	27,34	35,34
			Bw5	170	200+	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/6	< 1 %	FA	7,42	5,69	9,84	0	16,34	30,98
<b>T10h</b>	466805 - 4559385	<i>Streams</i>	A1	0	20	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	S	5,96	5,12	10,34	0,00	63,48	35,62
			A2	20	50	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL	6,17	5,07	10,08	0,00	39,65	32,79
			A3	50	80	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	FL	6,26	5,22	10,44	0,00	63,60	42,35
			AB	80	120	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/3	<1%	FA	6,70	5,47	10,85	0,00	87,58	36,81
			Ab	120	160	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	FS	6,64	5,59	11,02	0,00	63,78	37,83
			Bwb1	160	190	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	AS	6,76	5,63	10,49	0,00	52,23	32,66
			Bwb2	190	200+	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS	6,77	5,52	10,94	0,00	73,53	38,66
<b>T11c</b>	466767 - 4559191	<i>Local Ridges</i>	A	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/2	1-5%	S	5,78	5,29	10,75	0,00	137,04	46,50
			AB	10	40	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	4-5%	F	6,33	5,69	10,94	0,00	88,55	43,53
			BW	40	70	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS	7,31	6,50	10,86	0,00	66,40	37,68
			C	70	90	Molto Calcareo	Non Andico	Irregolare	70-80 %	//						
			R	90+												
<b>T14a</b>	466084-4560051	<i>U-shape Valleys</i>	A	0	10	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	1-5%	F	5,89	5,26	9,11	6,91	39,10	41,46
			AB	10	30	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	FA	6,31	5,46	9,92	7,02	56,04	34,71
			Bw1	30	55	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL	5,29	5,29	10,18	8,59	29,98	36,02
			Bw2	55	70	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	FL	5,16	5,16	10,42	0,00	16,39	35,83
			Bw3	70	90	Molto Scarsamente Calcareo	Molto scarsamente andico	10 YR 4/4	<1%	FAL	4,95	4,95	9,85	8,89	21,63	32,07
			Bw4	90	105+	Molto Scarsamente Calcareo	Molto scarsamente andico	10 YR 4/6	<1%	FAL	4,89	4,89	10,02	9,15	19,70	36,81

### 1.5 Parametri morfometrici che caratterizzano i paesaggi del castagno

Per descrivere i caratteri geomorfologici quantitativi (metriche delle forme del paesaggio), che caratterizzano i paesaggi su cui vegeta il popolamento di castagno, verranno utilizzati 3 indici numerici, molto ben conosciuti dalla letteratura scientifica (vedi Capitolo: Materiali e Metodi), ovvero la Curvatura in Piano, la Curvatura del Profilo ed il *Topographic position Index* (TPI).

Come esposto nel capitolo precedente le curvature rispetto al piano o al profilo (vedi Cap. 3 - par. 3.3), sono due parametri morfometrici, che ci aiutano a comprendere le dinamiche potenziali di deflusso a valle sia dell' acqua che del materiale solido eroso di diversa natura (sedimenti, rocce, etc.). Considerando sia la curvatura di un piano, che quella di un profilo, possiamo comprendere le dinamiche potenziali del flusso lungo un versante.

L' indice di posizione topografica (TPI) oltre a consentire una classificazione delle forme di paesaggio in classi uniformi (*Landforms classification*), ci fornisce informazioni sull' altitudine di ciascun pixel di un DTM, rispetto l' altitudine media delle celle intorno alla cella stessa (vedi Cap. 3 - par. 3.4). Per maggiori delucidazioni sui tre indici morfometrici, si rimanda agli approfondimenti esposti nel capitolo precedente.

Alla luce di questa breve esposizione sul significato di tali parametri morfometrici, si riportano i valori osservabili entro il perimetro della tipologia forestale esaminata ed osservati con il campionamento pedologico.

**Tabella 14** - Valori relativi alla Curvatura in Piano, Curvatura del profilo e *Topographic position index* dell' area in cui vegeta il castagno

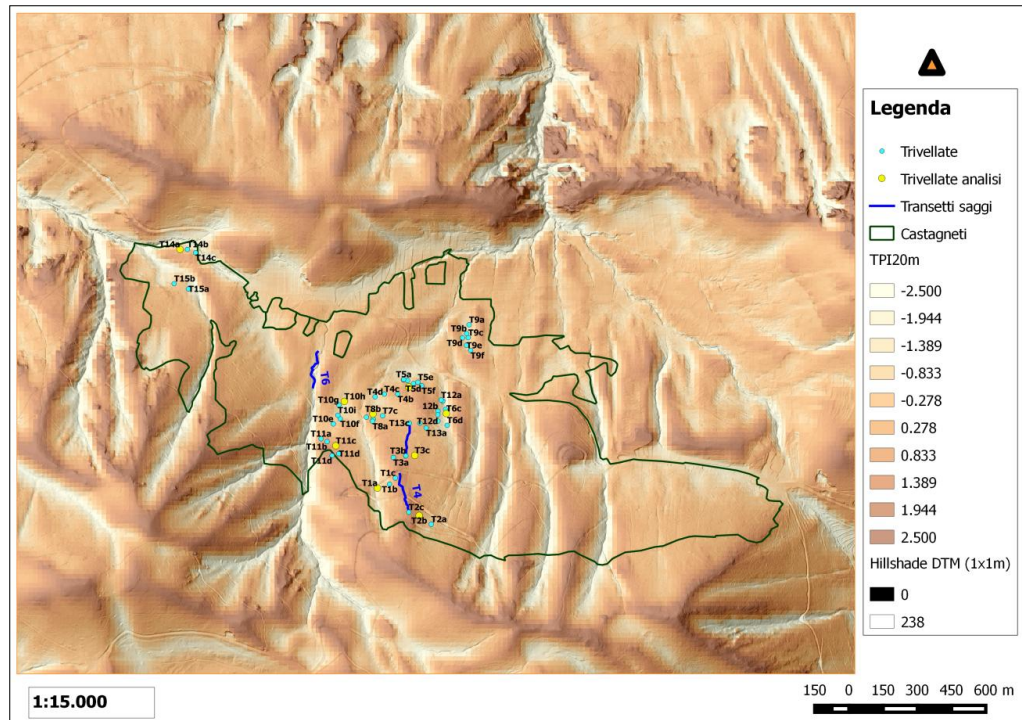
Statistica	Plan Curvature	Profile Curvature	TPI
Media	0,000	-0,001	-0,192
Max	0,039	0,027	3,370
min	-0,088	-0,071	-6,534
Deviazione Standard	0,011	0,006	1,169

**Tabella 15** - Statistiche dei parametri morfometrici relative alle 105 osservazioni campionarie eseguite su castagno

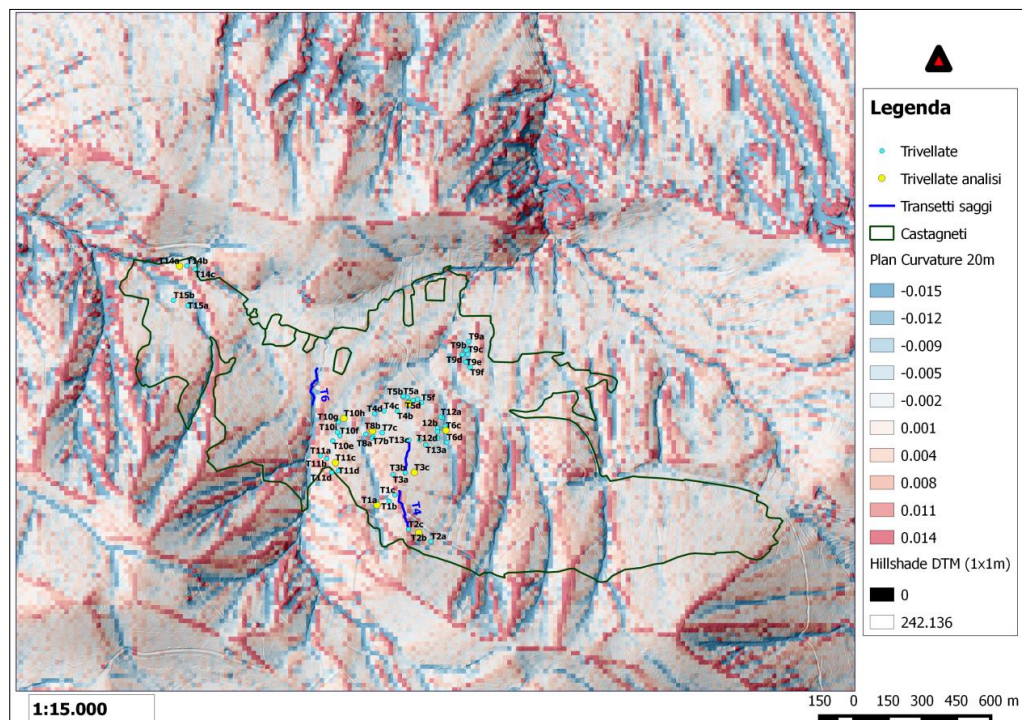
Statistica	Profile Curvature	Plan Curvature	TPI
Media	-0,001	-0,002	-0,239
Max	0,013	0,017	2,213
min	-0,021	-0,046	-2,848
Varianza	0,00	0,00	1,37
Deviazione Standard	0,004	0,010	1,169
Errore Standard	0,000	0,001	0,114

Quindi, alla luce dell' analisi dei tre parametri morfometrici, in accordo con quanto esposto nel paragrafo 1.3, il popolamento di castagno vegeta su versanti lineari leggermente concavi, in zone vallive e di piè versante a pendenza costante e ciò viene confermato anche dalle osservazioni campionarie puntuali.

**Figura 8** - Indice topografico di posizione dell' area a castagno esaminata

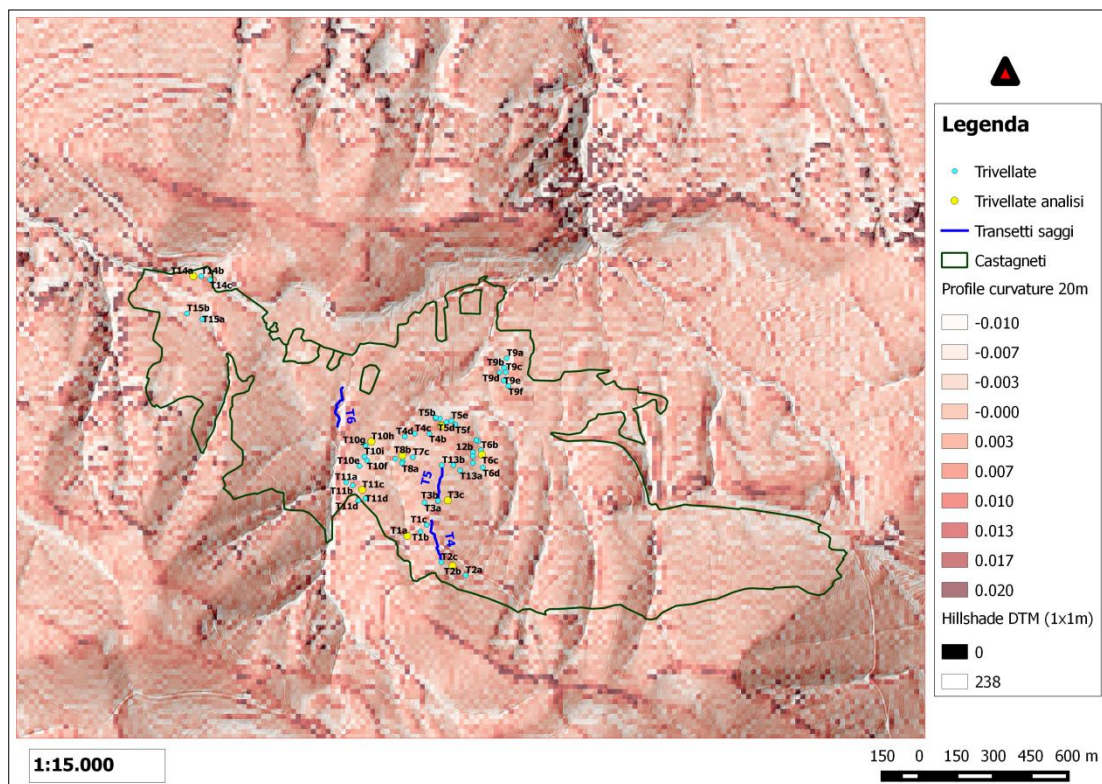


**Figura 9** - Curvatura in piano dell' area a castagno esaminata





**Figura 10** - Curvatura del profilo dell' area a castagno esaminata



Secondo quanto già esposto nel capitolo precedente per analizzare i fenomeni di versante legati alle caratteristiche topografiche dell' area di studio, sono stati esaminati due parametri: la *Catchment area* (CA) ed il *Topographic wetness index* (TWI), entrambe hanno indirettamente un significato di potenziale interesse idrologico.

La *catchment area* è una misura della superficie dell' *upslope*, ovvero l' area della superficie che contribuisce ad alimentare il pixel, più l' area del pixel stesso; quindi, la CA verrà espressa in  $m^2$ , l' unità di misura della superficie dei pixel dei raster utilizzati nello studio in questione. La CA in questione è stata calcolata con l' approccio "*parallel*" e con il metodo di *processing* del DTM *multiple flow direction* (vedi Cap. 3 - par. 3.6).

Il TWI è un indice che indica la tendenza di un pixel a produrre deflusso potenziale, più è alto il valore di tale indice in un pixel, maggiore sarà l' umidità del suolo potenzialmente osservabile all' interno del pixel (vedi Cap. 3 - par. 3.7). La CA è una misura di superficie; invece, il TWI è un parametro adimensionale, che descrive la tendenza potenziale dell' acqua ad accumularsi in determinati punti.

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori di CA e di TWI, osservabili entro il perimetro dei cedui di castagno ed osservati con il campionamento pedologico.

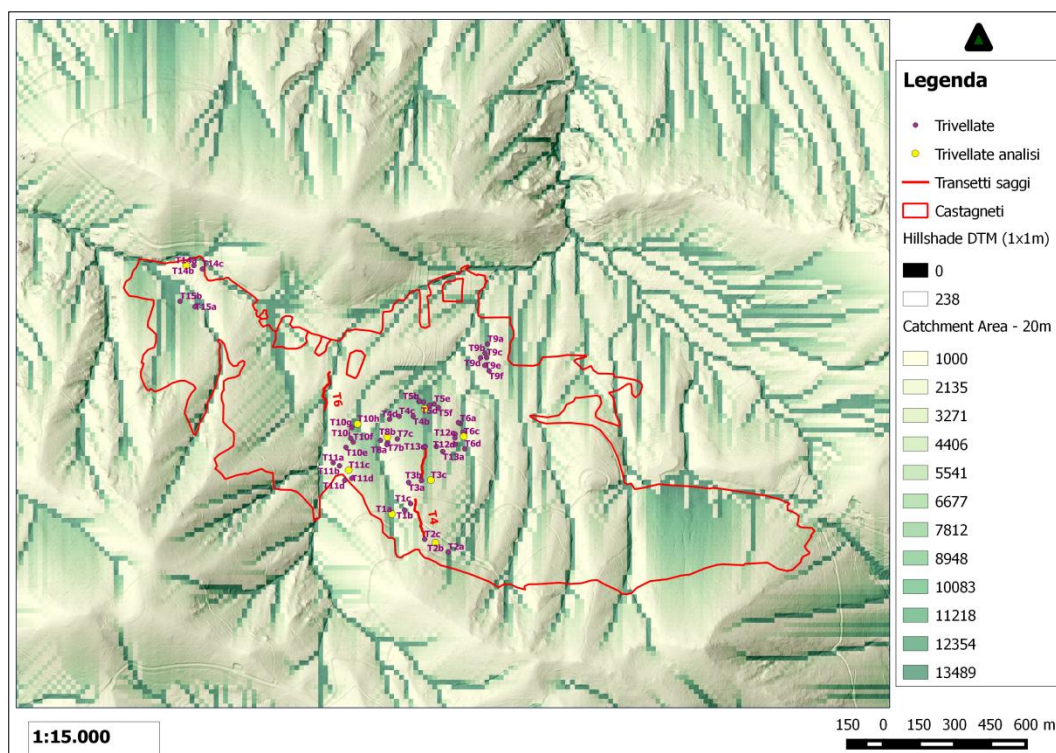
**Tabella 16** - Valori relativi a *Catchment area* ed al *Topographic wetness index* dell' intera area su cui vegeta il castagno

Statistica	Catchment area (m2)	TWI
Media	39836	8,72
Max	3172000	17,69
min	400	6,12
Deviazione Standard	272958	1,79

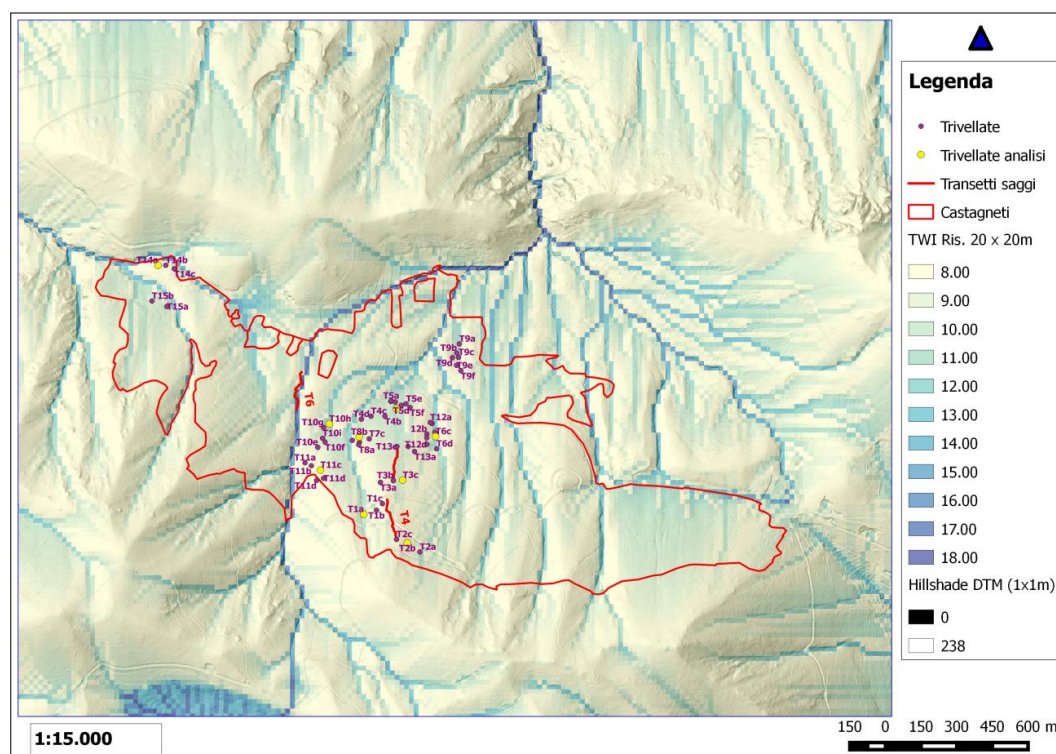
**Tabella 17** - Statistiche descrittive dei parametri delle 105 osservazioni campionarie su castagno

Statistica	Catchment area (m2)	TWI
Media	323928	9,62
Max	2784147	16,76
min	408	6,45
Varianza	588023074524	5,59
Deviazione Standard	766827	2,36
Errore Standard	74835	0,23
Coefficiente di Variazione	237	24,58

**Figura 11** - *Catchment area* dell' area a castagno esaminata



**Figura 12** - *Topographic Wetness Index* dell' area a castagno esaminata



Dall' osservazione delle due tabelle si nota che i valori dei parametri nei punti del campionamento, rispecchiano e si avvicinano alle condizioni medie dell' area occupata dai cedui castanili, soprattutto per quanto riguarda il TWI.

## 2. Rilevamento sui paesaggi del Faggio

Le fustaie di faggio dell' area di studio occupano una superficie di 754,24 ha (vedi Cap. 2 - par. 7.2), dopo gli orno-ostrieti le faggete risultano essere la seconda tipologia forestale (23,53%) dell' area di studio. Le faggete in esame ricadono prevalentemente nel demanio di Vitulano (BN), secondariamente in quello di Solopaca (BN), la maggior parte risultano di proprietà pubblica e sono state sottoposte a pianificazione (87,10%), tramite il PAF di Vitulano (2005/2014) (Tavola 4 - Carta Forestale).

Secondo la logica che ha portato alla prima ed alla seconda fase del campionamento pedologico, esposta in modo dettagliato nel capitolo precedente (vedi Cap. 3). Le faggete del Camposauro, sono state interessate da un campionamento pedologico che ammonta complessivamente a 85 osservazioni, di cui 23 trivellate divise in 5 transetti e 52 saggi di profondità divisi su 3 transetti.



Secondo i toponimi IGM 1:25.000, le osservazioni sono state svolte alle Località: "*Costa Manca*", "*Campangano*", "*Piano d' Andrea*", "*Serre del Campo*" ed "*Arolo*" del Comune di Vitulano (BN). Al fine di fornire una corretta comprensione della localizzazione dei rilievi si riporta la Figura 13.

I transetti relativi alla trivellate, sono stati svolti: T1 e T2 in località Serre del Campo e all' interno della particella forestale n° 11; T3 in Località Piano d' Andrea e all' interno delle particelle del PAF n.ri P9, 15 e 19; i transetti T4 e T5 in Località Costa Manca all' interno della particella forestale n° 15.

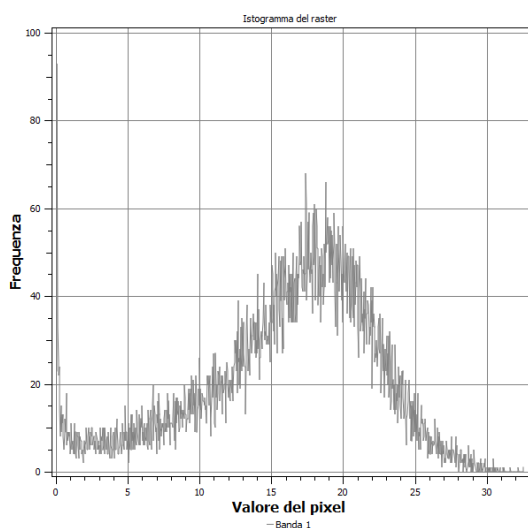
Invece, i transetti su cui sono stati svolti i saggi di profondità sono localizzati: T1 in Località Costa Manca e all' interno della particella n° 15; T2 in Località Campangano e all' interno della particella n° 15; il Transetto 3 in Località Arolo all' interno della particella n° 10.

## 2.1 Descrizioni geo-spaziale dei principali dati dendrometrici

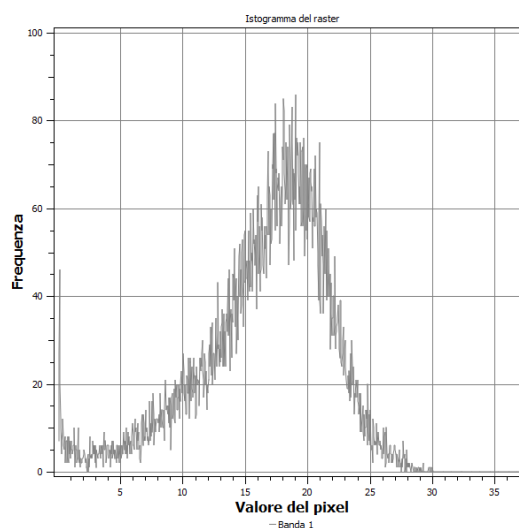
Dall' analisi dei raster del volume e delle altezze dendrometriche, relativi ai poligoni che identificano il popolamento di faggio, è risultato che il volume di tale popolamento forestale è compreso tra 0,02 e 32,59 m<sup>3</sup>/pixel (Grafico 6), mediamente pari a 16,04 m<sup>3</sup>/pixel (Dev. ST pari a 6,11 m<sup>3</sup>/pixel).

Invece, le altezze dendrometriche sono risultate mediamente pari a 16,57 m, comprese tra 0,04 e 37,59 m (Grafico 7), con Dev. ST pari a 5,20 m. I valori minimi di tali raster sono dovuti alla presenza all' interno dell' area di studio, di radure rilevate con il volo Lidar (2011).

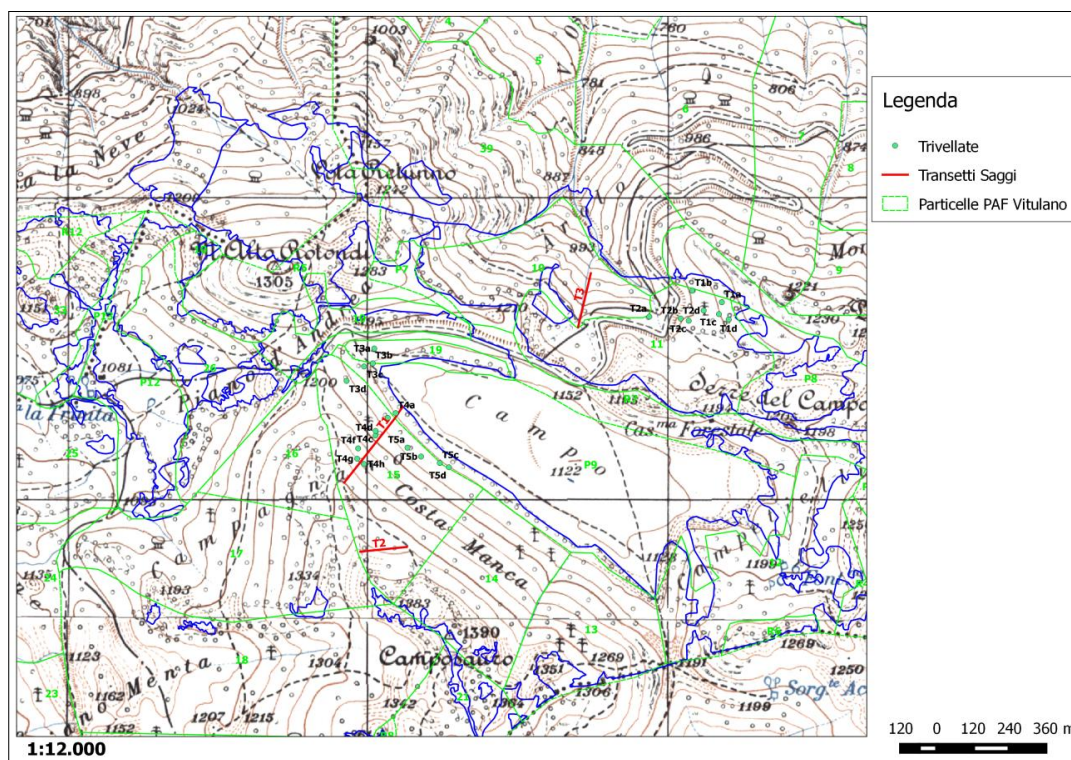
**Grafico 6** - Istogramma valori dei raster e relative frequenze (n° di pixel) dei volumi dendrometrici (m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup>) - Faggio Camposauro.



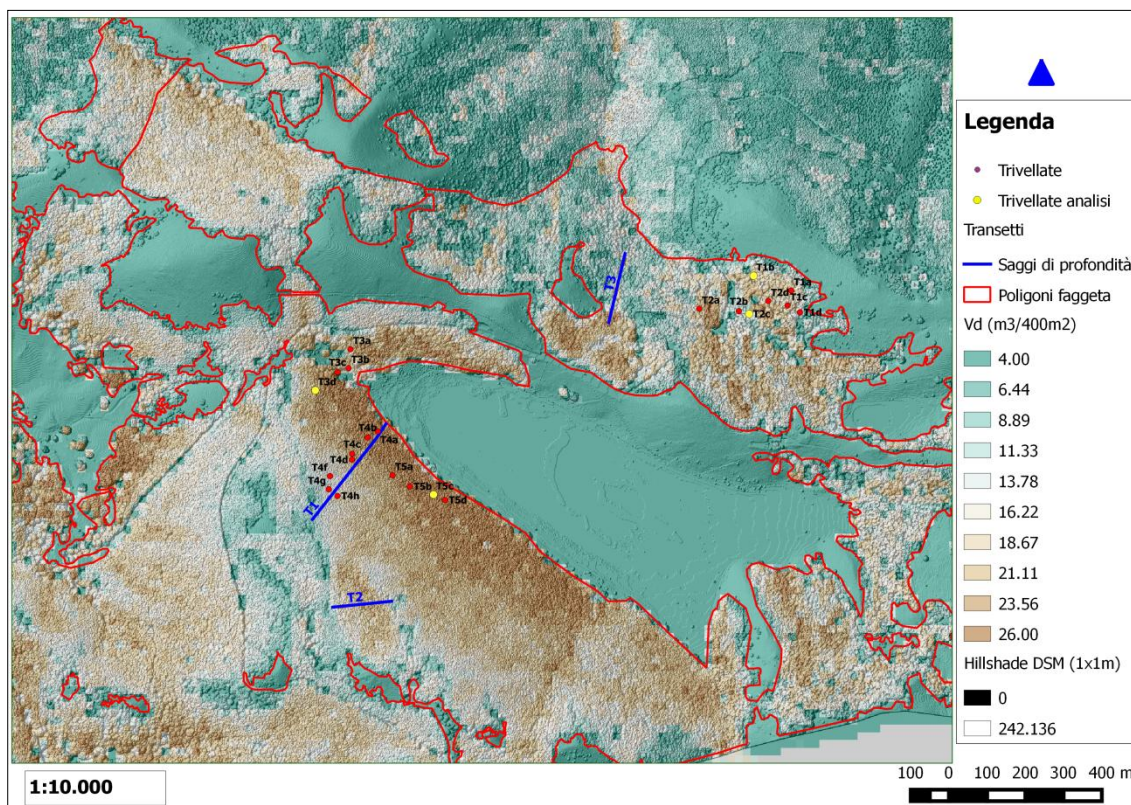
**Grafico 7** - Istogramma valori dei raster e relative frequenze (n° di pixel) delle Altezze dendrometriche (m) - Faggio Camposauro.



**Figura 13** - Localizzazione delle trivellate e dei transetti su cui sono stati effettuati i saggi di profondità su faggio. Il poligono delle faggete è rappresentato dalle linee blu.

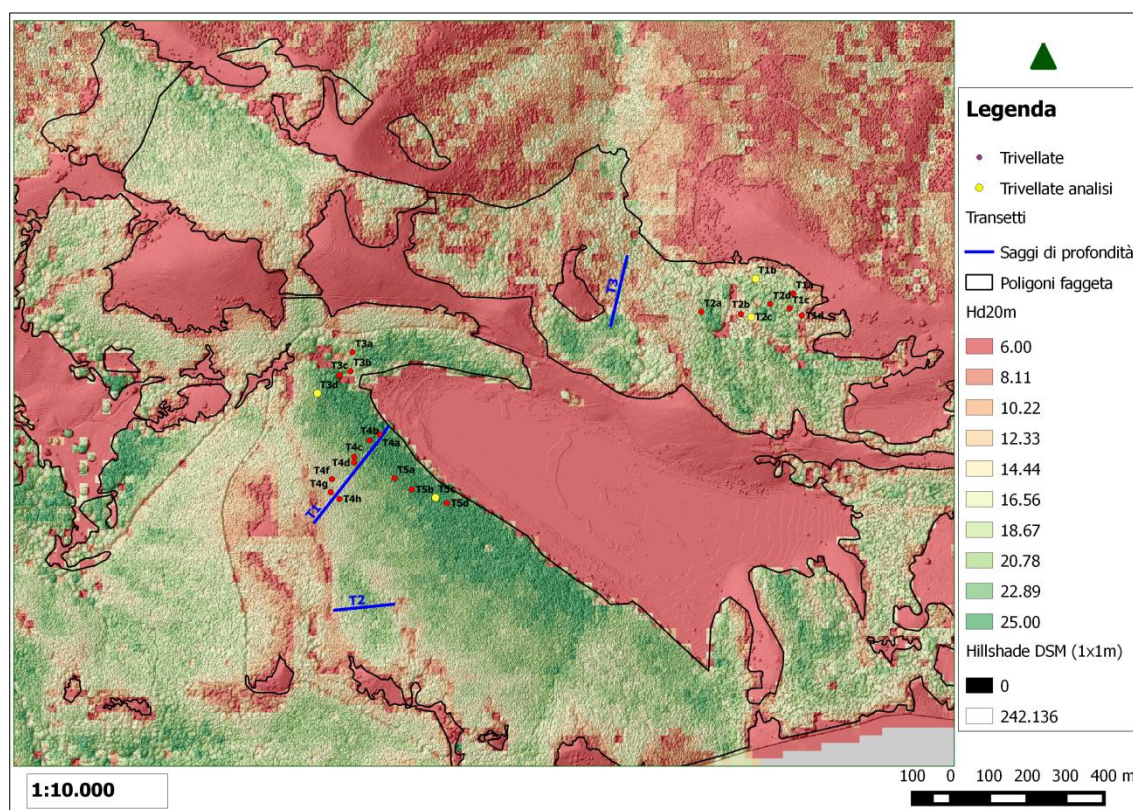


**Figura 14** - Carta delle dei volumi dendrometrici del popolamento di faggio del Camposauro





**Figura 15** - Carta delle altezze dendrometriche del popolamento di faggio del Camposauro



Per quanto riguarda le 85 osservazioni campionarie, i volumi dei pixel in cui rientravano le trivellate ed i saggi di profondità sono compresi tra 9,47 e 29,96 m<sup>3</sup>/pixel ed il valore medio si attesta a 18,88 m<sup>3</sup>/pixel (Dev. ST. 4,71 m<sup>3</sup>/pixel). Invece, per quanto riguarda le altezze dei soprassuoli su cui è stato svolto il campionamento pedologico, queste variavano tra 10,35 e 28,76 m e la loro media è pari a 18,95 m (Dev. ST 4,12 m). Quindi, i dati dendrometrici medi del campionamento si avvicinano a quelli del popolamento indagato.

**Tabella 18** - Statistiche descrittive dei Volumi ed Altezze dendrometriche, relative ai punti oggetto di campionamento all' interno del popolamento di faggio del Camposauro

Statistiche	Vol. dendr. (m3/400 m2)	Altezza dendr. (H media/400 m2)
Media	18,88	18,95
Max	29,96	28,76
min	9,47	10,35
Varianza	22,20	16,98
Deviazione Standard	4,71	4,12
Errore Standard	0,51	0,45
Coefficiente di Variazione	29,96	21,74

## 2.2 Dati topografici del popolamento e delle osservazioni campionarie eseguite sul faggio

Per quanto riguarda i dati riferiti all' altitudine ed alle pendenze, dell' intero popolamento di faggio oggetto di studio ed i valori di tali parametri osservati nei punti campionati (trivellate e saggi di profondità), si riportano le statistiche descrittive nella seguente tabella.

**Tabella 19** - Rappresentazione sinottica dei dati relativi alle quote ed alle pendenze dell' intero popolamento di faggio ed ai punti campionati

Riferimento	Statistica	Quota (m slm)	Pendenza (%)
<b>Popolamento</b>	Media	1.159	36,37
	Max	1.385	156,94
	min	851	0,88
	Dev. ST	88,37	15,15
<b>Campionamento</b>	Media	1189	45,64
	Max	1.330	66,01
	min	1.032	18,26
	Dev. ST	85,79	14,76

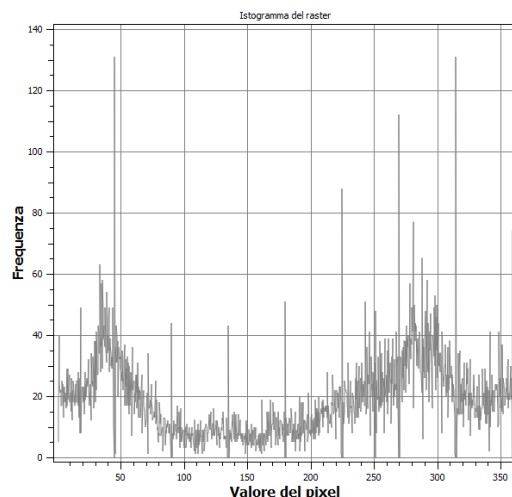
Dall' osservazione dei dati riportati in tabella, mediamente i valori del campionamento, rispecchiano quelli del popolamento indagato nella sua interezza.

Invece, per quanto riguarda l' esposizione, data la sua estensione, il popolamento vegeta su versanti con esposizioni abbastanza varie, ma dall' analisi del raster, i picchi in termini di n° di pixel (Grafico 8), si rinvencono soprattutto alle esposizioni NORD, NORD-OVEST e NORD-EST.

**Tabella 20** - Osservazioni campionarie divise in classi di esposizione e relative frequenze.

Classe esposizione	Intervallo (°)	N° Osservazioni	Tasso
NORD	(337,6 - 22,5)	6	7,06%
NORD - EST	(22,5 - 67,5)	55	64,71%
EST	(67,6 - 112,5)	10	11,76%
SUD - EST	(112,6 - 157,5)	4	4,71%
SUD	(157,6 - 202,5)	0	0,00%
SUD - OVEST	(202,6 - 247,5)	3	3,53%
OVEST	(247,6 - 292,5)	7	8,24%
NORD - OVEST	(292,6 - 337,5)	0	0,00%

**Grafico 8** - Istogramma frequenza (n° di pixel) e valori di esposizione in gradi sessagesimali





Invece, il campionamento è stato svolto prevalentemente in siti esposti a NORD-EST, dov' è stato svolto il 64,71% delle osservazioni (Tabella 20).

### 2.3 Descrizioni delle principali forme di paesaggio del faggio

Il popolamento di faggio oggetto di studio, vegeta nella parte superiore del versante nord del Massiccio del Camposauro, generalmente le pendenze dei versanti su cui vegeta la faggeta sono più blande rispetto alla parte media ed inferiore dell' area di studio. Alla sommità del massiccio, si osservano superfici a debole pendenza e lembi relitti di un esteso paesaggio erosionale (Paleosuperficie *Auct.*), accanto a tali superfici, sono presenti alcune conche tettono-carsiche (*polje*), a fondo piatto e bordate da versanti e scarpate di faglia, di cui il “*Campo*” ne è l'esempio più significativo. Come esposto precedentemente (vedi Cap. 2 par. 3), il fondo di tali depressioni e conche carsiche, durante la stagione piovosa diviene sede di specchi d'acqua effimeri.

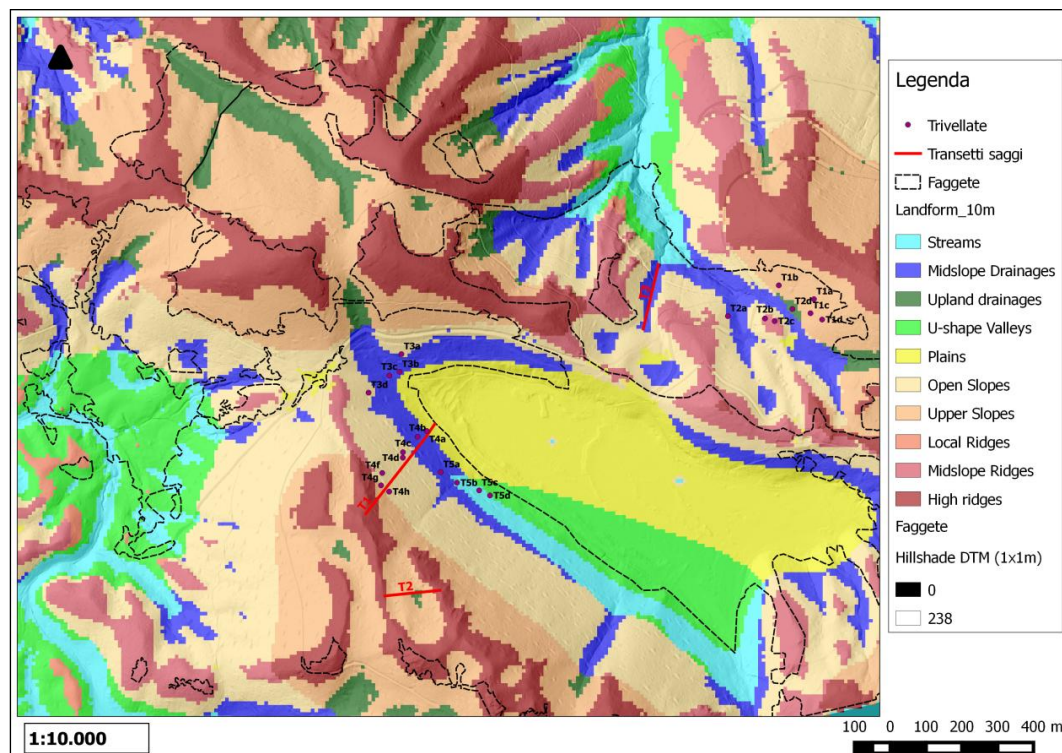
In base alla *Landforms Classification - TPI based* esposta nel capitolo e nei paragrafi precedenti, la quale si basa su 10 classi o forme di paesaggio, qui di seguito si riposta la descrizione e l' analisi delle caratteristiche geomorfologiche dell' area.

Nell' area di studio sono presenti dieci *landforms*, le principali forme di paesaggio osservabili, sono i Medi e gli Alti Versanti, rispettivamente *Open Slopes & Upper Slopes*, che occupano rispettivamente, circa 31,05% ed il 24,29% dell' area in questione (Tabella 21).

**Tabella 21** - Classificazione geomorfologica dell' area occupata dal popolamento di faggio e relative estensioni delle varie forme di paesaggio

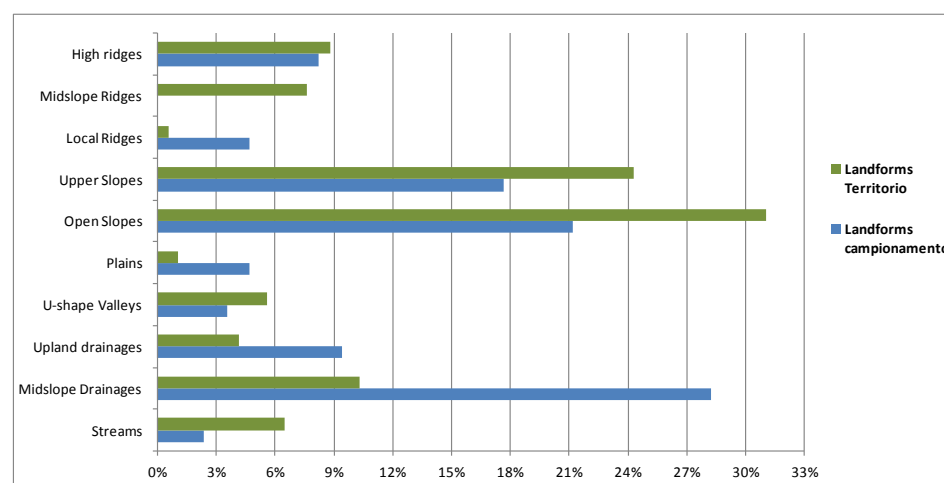
Landforms	Classe	Sup. (Ha)	Frequenza
Streams	0	49,05	6,50%
Midslope Drainages	1	77,56	10,28%
Upland drainages	2	31,55	4,18%
U-shape Valleys	3	42,36	5,62%
Plains	4	7,78	1,03%
Open Slopes	5	234,18	31,05%
Upper Slopes	6	183,18	24,29%
Local Ridges	7	4,32	0,57%
Midslope Ridges	8	57,54	7,63%
High ridges	9	66,65	8,84%

**Figura 16** - Forme di paesaggio su cui vegeta il popolamento di faggio del Camposauro



Invece, per quanto riguarda la descrizione delle forme di paesaggio in cui è stato effettuato il campionamento pedologico (Grafico 9), si evidenzia che sono state esaminate 9 forme di paesaggio ed il 21,18% delle osservazioni è stato svolto sui medi versanti, il 17,65% sui versanti alti, diversamente per gli obiettivi del lavoro il 28,24% delle osservazioni è stato svolto in vallecicole ed impluvi poco profondi (*Midslope Drainages*), la terza forma di paesaggio che caratterizza l' area in questione (Tabella 21).

**Grafico 9** - Ripartizione delle forme di paesaggio che caratterizzano le faggete del Camposauro e divisione delle 85 osservazioni campionarie in ambienti geomorfologici.



## 2.4 Descrizione della Litologia e dei Suoli dell' area di studio e di quelli campionati

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 le faggete dell' area di studio vegetano prevalentemente su substrati di natura calcarea e nello specifico la litologia è rappresentata da Calcari compatti duri, che risulta essere l' unica tipologia geolitologica presente nell' area occupata dal faggio (TAVOLA 2 - Carta geolitologica su base topografica IGMI 1:25.000).

Le faggete in esame secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000, in cui è stata utilizzata la Classificazione proposta dalla *Soil Taxonomy* (1998), vegetano su 4 sotto-gruppi, consociazioni ed associazioni di suoli: i *Typic Hapludands* ed i *Typic Melanudands*, secondariamente si rinviene l' associazione tra *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* e sporadicamente, l' associazione tra *Lithic Hapludands* e *Typic Hapludands* (Tabella 22).

**Tabella 22** - Suoli delle faggete dell' area di studio

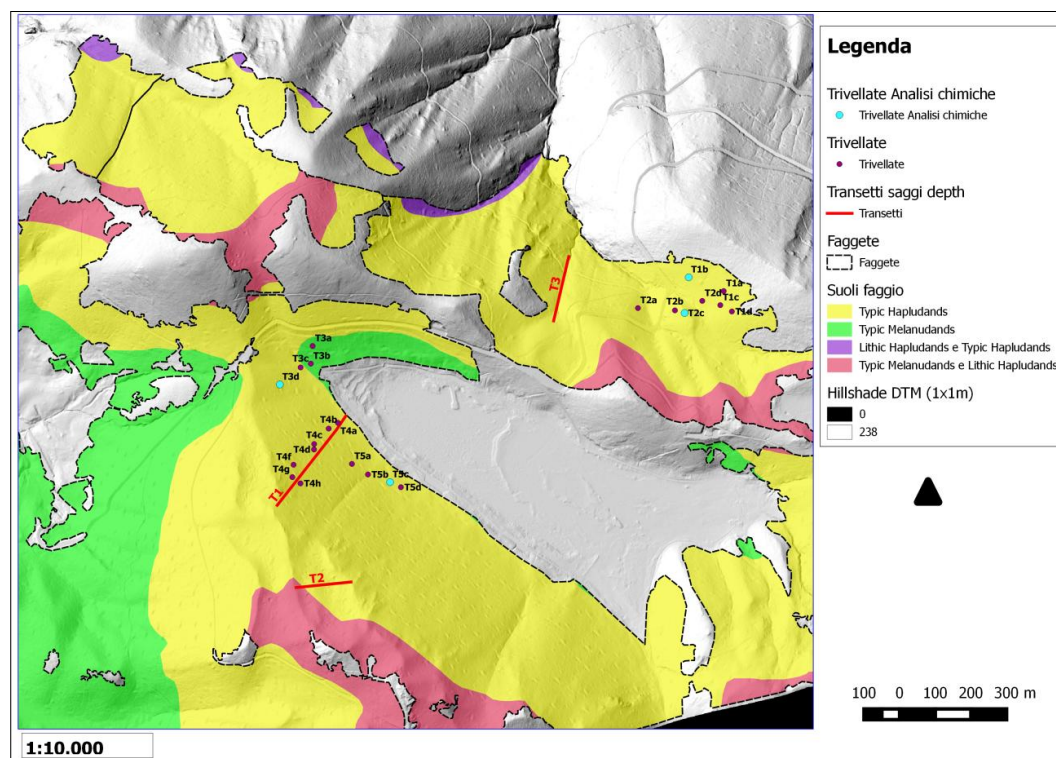
Suoli (USDA, 1998)	Sup. (Ha)	Frequenza
Typic Hapludands	383,55	50,85%
Typic Melanudands	292,99	38,84%
Typic Melanudands Lithic Hapludands	74,63	9,89%
Lithic Hapludands Typic Hapludands	3,09	0,41%

Invece, il campionamento pedologico svolto sulle faggete, si è concentrato sugli *Hapludands* tipici, con 80 osservazioni, pari al 94,12% del totale (Tabella 23).

**Tabella 23** - Suoli delle faggete campionati

Suoli (USDA, 1998)	N° osservazioni	Frequenza
Typic Hapludands	80	94,12%
Typic Melanudands Lithic Hapludands	3	3,53%
Typic Melanudands	2	2,35%
Lithic Hapludands Typic Hapludands	0	0,00%

**Figura 17** - Suoli su cui vegeta il popolamento di faggio del Camposauro



#### **2.4.1 Andamento della profondità del suolo in relazione alle forme di paesaggio**

Il campionamento pedologico sulle faggete, ammonta a 85 osservazioni, 23 trivellate ripartite in 5 transetti e 62 saggi di profondità (3 transetti), individuati in ambiente GIS e con il campionamento pedologico in campo, secondo la logica esposta nei materiali e metodi (vedi Cap. 3).

I saggi di profondità sono stati svolti su tre transetti rappresentativi di tre diversi ambienti geomorfologici:

- Transetto T1 - Località "*Costa Manca*" (Figura 18): 28 saggi di profondità su di un transetto lungo 253 m, i saggi sono stati svolti a partire dalla base del versante fino al crinale, descrivendo le Landforms coperte dal transetto salendo di quota: *Plain, Midslope Drainage, Open Slope, Upper Slope and High ridge* - Foto 3
- Transetto T2 - Località "*Campagnano*" (Figura 19): 16 saggi di profondità svolti in una concavità lungo un transetto di 155 m, descrivendo le Landforms attraversate dal transetto in direzione ovest-est, sono: *High ridge, Upper slope, Open Slope, Upland drainage, Upper slope and High ridge* - Foto 4
- Transetto T3 - Località "*Arolo*" (Figura 20): 18 saggi di profondità, svolti lungo un transetto di 185 m seguendo il corso di una Vallecchia (Landforms: *Midslope Drainage*) - Foto 5



Foto 3 - Ambiente Transetto T1



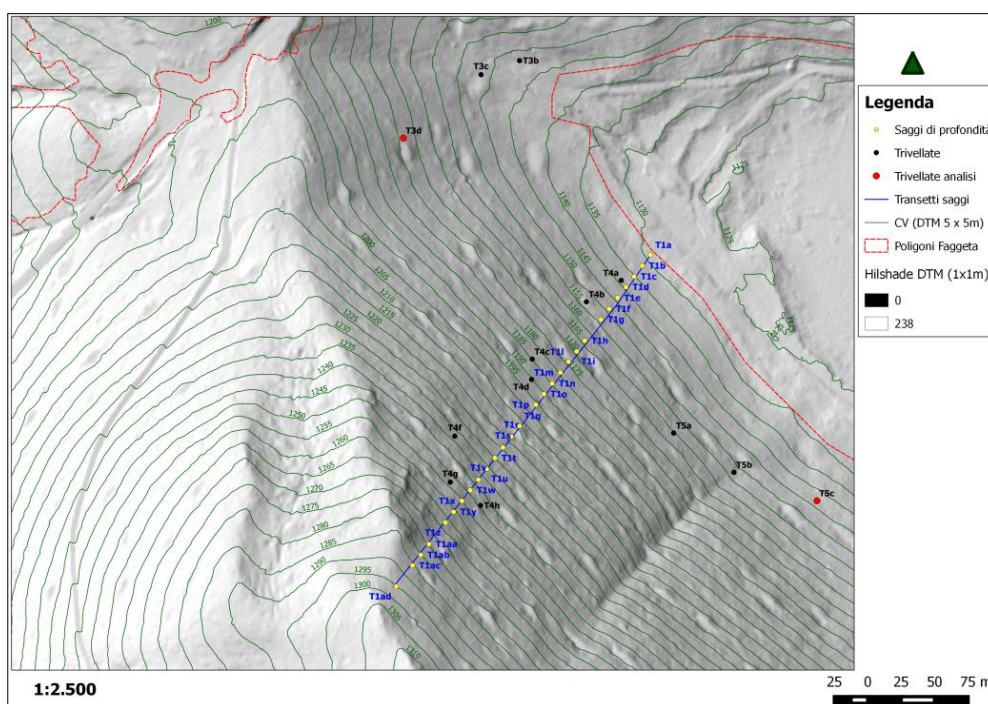
Foto 4 - Ambiente Transetto T2



Foto 5 - Ambiente Transetto T3

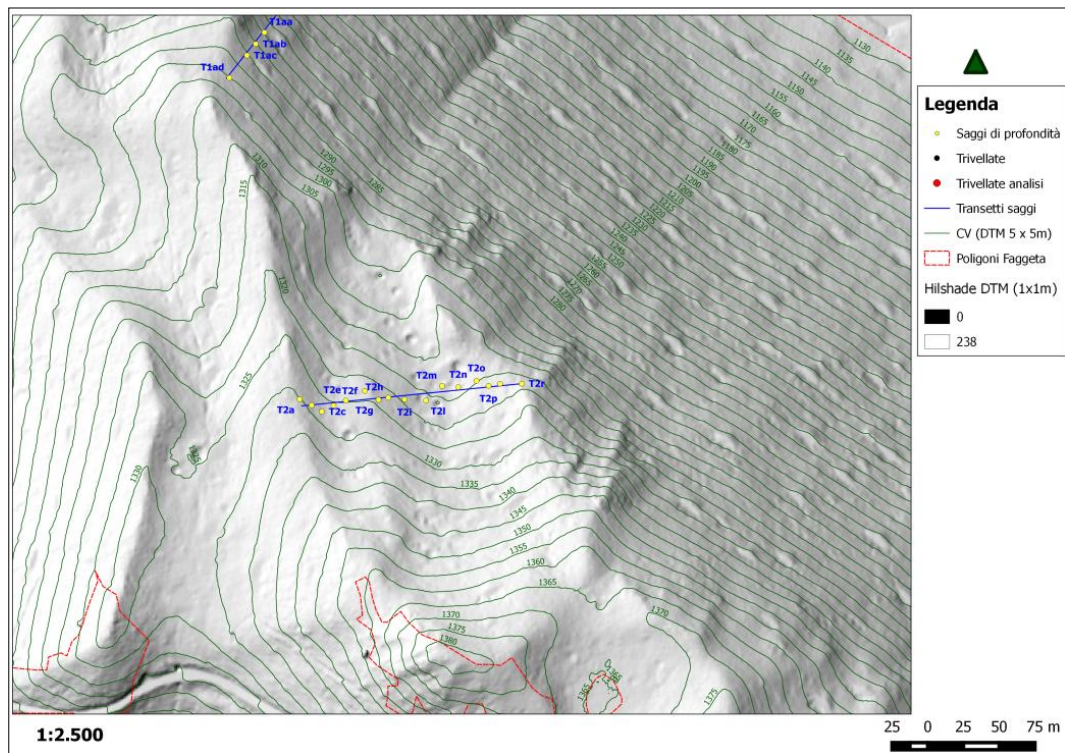


Figura 18 - Inquadramento Transetto T1

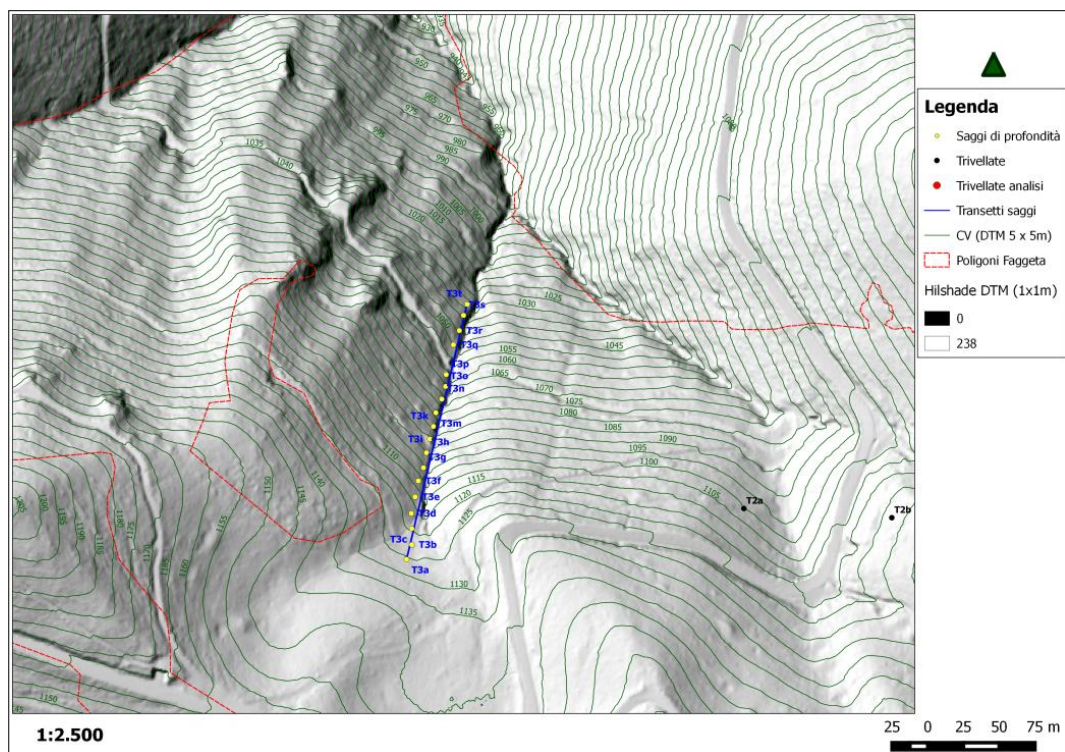




**Figura 19 - Inquadramento Transetto T2**



**Figura 20 - Inquadramento Transetto T3**



Le 23 trivellate sono state svolte campionando tutti gli orizzonti pedologici, poiché le trivellate sono state effettuate fino alla roccia o fino a 230 cm di profondità (lunghezza della



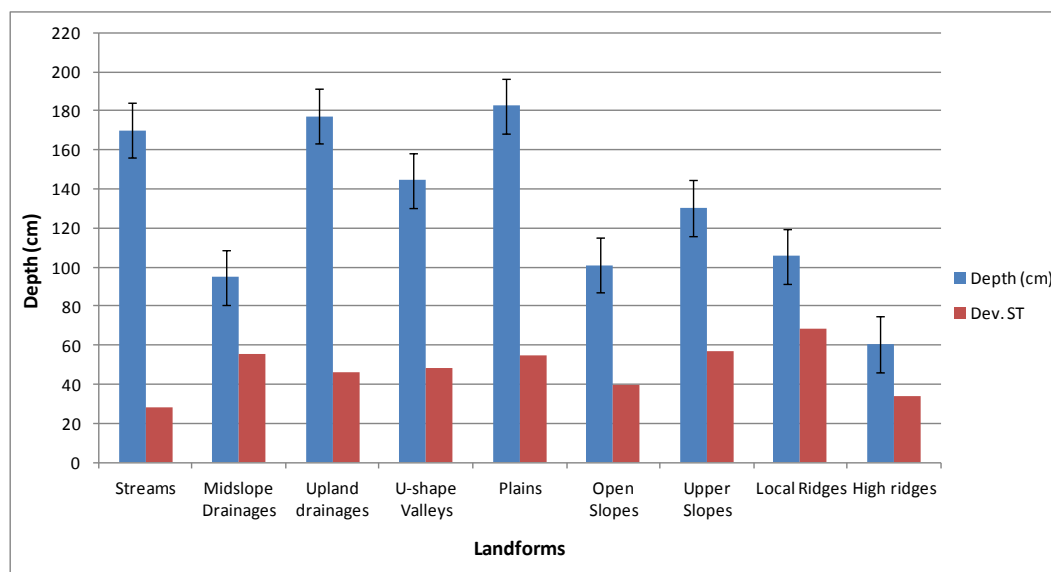
trivella più prolunga); pertanto, anche le trivellate possono essere considerate rappresentative ed utilizzabili per l' analisi della profondità del suolo. I transetti relativi alla trivellate, sono stati svolti: T1 e T2 in località Serre del Campo e all' interno della particella forestale n° 11; T3 in Località Piano d' Andrea e all' interno delle particelle del PAF n.ri P9, 15 e 19; i transetti T4 e T5 in Località Costa Manca all' interno della particella n° 15. Per una più chiara comprensione della localizzazione delle trivellate eseguite in faggeta e per avere informazioni più precise sulle forme di paesaggio in cui sono state effettuate, si rimanda alla visione della Figura 13 e della Figura 16.

In base ai dati emersi dall' elaborazioni delle profondità rilevate con le trivellate e con i saggi di profondità, i suoli campionati all' interno delle faggete sono mediamente profondi 115,41 cm, con un' intervallo di variazione compreso tra 32 e 230 cm (Dev. ST = 58,73 cm). Nei nove ambienti geomorfologici esaminati, i suoli più profondi sono stati osservati all' interno dei Pianori (*Plains*), con una profondità mediamente pari a 183 cm (Dev. ST 55 cm) e nei Siti superiori di Drenaggio Montano (*Upland drainages*), dove la profondità media è pari a 177 cm (Dev. ST 46,37 cm). Invece, i suoli più sottili sono stati osservati lungo i Crinali principali (*High Ridges*) con una profondità media di 61 cm (Dev. ST 33,99 cm) e lungo le vallecole e gli impluvi poco profondi (*Midslope Drainages*), in cui è la profondità media è pari a 95 cm (Dev. ST 55,32 cm). Si riportano i dati delle statistiche descrittive, relativi alla profondità del suolo rilevata nelle varie forme di paesaggio delle faggete, nella seguente tabella e nel seguente istogramma si mostra il suo andamento in base alla forma di paesaggio.

**Tabella 24** - Statistiche descrittive della *Soil Depth* rilevata nelle varie forme di paesaggio delle fustaie di faggio

Landforms	N° Osservazioni	Media Depth (cm)	Varianza Depth	Dev. ST Depth	Er. ST Depth	CV Depth
Streams	2	170	800,00	28,28	20,00	16,64
Midslope Drainages	24	95	3060,20	55,32	11,29	58,38
Upland drainages	8	177	2150,41	46,37	16,40	26,18
U-shape Valleys	3	144	2326,33	48,23	27,85	33,42
Plains	4	183	3025,00	55,00	27,50	30,14
Open Slopes	18	101	1594,22	39,93	9,41	39,58
Upper Slopes	15	130	3283,92	57,31	14,80	43,99
Local Ridges	4	106	4671,00	68,34	34,17	64,78
High ridges	7	61	1155,62	33,99	12,85	56,12
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>85</b>	<b>115,41</b>	<b>3449</b>	<b>58,73</b>	<b>6,37</b>	<b>50,89</b>

**Grafico 10** - Istogramma *soil depth* ed ambienti geomorfologici del faggio, con barra delle profondità medie del suolo (blu), barre deviazione standard (rosso) e linee per l'Errore Standard (nero)



#### 2.4.2 Descrizione morfologica dei rilievi rappresentativi

Le ventitre trivellate effettuate in faggeta sono state sottoposte alle analisi speditive di campagna, effettuate su ogni orizzonte pedologico, con le metodologie esposte nel capitolo precedente, così sono stati stimati: colore, tessitura, scheletro, calcare e proprietà andiche.

Successivamente sono state selezionate 4 trivellate prelevate ed appartenenti a quattro diversi ambienti geomorfologici, ovvero quelli più rappresentativi del campionamento e dell' area di interesse (vedi Tabella 21 e Grafico 9) e che presentavano l' orizzontazione più complessa ed interessante. Gli orizzonti di tali trivellate sono stati sottoposti alle seguenti analisi chimiche: pH in H<sub>2</sub>O, pH in KCl, pH in NaF, Contenuto in SO, la CSC ed il calcare totale per gli orizzonti che avessero mostrato un' apprezzabile presenza di carbonati durante il test preliminare dell' effervescenza all' HCl (Tabella 26). Come specificato per il castagno (vedi par. 1.4.2), in quanto le analisi delle granulometrie sui suoli andici risultano difficili, a seguito di documentati problemi di dispersione (Nanzio *et al.*, 1993; Mizota & van Reeuwijk, 1993) ai normali reattivi utilizzati nelle metodiche ufficiali per l'analisi granulometrica, che funzionano bene per gli altri tipi di suoli (Vingiani & Terribile, 2007), si è scelto di usare le classi per la stima della tessitura di campo (Tabella 26).

Nel complesso i suoli campionati in faggeta, si sono sviluppati su versanti ripidi esposti prevalentemente a NORD, su substrato calcareo con coperture piroclastiche quaternarie e materiale parentale rappresentato da depositi piroclastici da caduta.

Tali suoli presentano pietrosità e rocciosità superficiale marginale ed osservabile soprattutto lungo i crinali e gli impluvi. Sono suoli molto profondi, con tessitura da grossolana in superficie a media in profondità; si presentano ben drenati con permeabilità alta, la profondità utile alla radicazione è alta e non presentano segni di idromorfia.

Dal punto di vista chimico sono suoli ricchi in sostanza organica, con punte per gli orizzonti superficiali del 19%, ciò è dovuto alla decomposizione della lettiera del faggio, che si presenta molto spessa e abbondante su tutta la superficie boscata. Negli orizzonti profondi il contenuto in SO rimane abbastanza elevato e raramente scende sotto il 2%. Presentano un pH da acido a neutro in superficie e da subacido a subalcalino in profondità. Tenendo conto dei test di campagna e soprattutto delle analisi del pH in NaF, tutti gli orizzonti sia superficiali che quelli profondi presentano, un valore superiore a 9.4; quindi, sono suoli con spiccate proprietà andiche (Kleber *et al.*, 2004) e ricchi in minerali argillosi allofanici (Viangiani & Terribile, 2007). Sono suoli non calcarei, raramente molto scarsamente calcarei.

Nel complesso i suoli indagati rientrano negli *Hapludands* o *Melanudands* Tipici, mediali, amorfi o vetrosi, superattivi e mesici (*Soil Taxonomy*, 1998).

Come effettuato per le analisi svolte su castagno, al fine di confrontare i dati dei suoli indagati con i parametri di stazione, è stato necessario aggregare i dati analitici ottenuti dai singoli orizzonti pedologici, si è proceduto ad effettuare delle medie ponderate in base alle spessori di ciascun orizzonte lungo la trivellata. Quindi, moltiplicando il valore del parametro chimico per lo spessore dell'orizzonte stesso e dividendo la sommatoria dei prodotti, per lo spessore totale della trivellata, è stato ottenuto un unico valore ponderato di ciascun parametro chimico elencato in precedenza, riferito ad ogni trivellata.

Per i parametri qualitativi tessitura e scheletro si rimanda alle scale numeriche esposte nel capitolo precedente e al paragrafo 1.4.2. Per la tessitura i valori numerici superiori, corrispondono a tessiture più grossolane. Invece, per lo scheletro i valori superiori della scala, corrispondono a maggiore abbondanza di scheletro e viceversa.

In base a quanto emerso dai risultati sulle proprietà chimico-fisiche degli orizzonti appartenenti alle trivellate selezionate e sottoposte ad analisi chimiche (Tabella 25 e 26):

- i. Tutti i suoli sono ubicati su substrato calcareo ma nessuno di essi mostra quantitativi significativi di carbonato di calcio. Ciò è coerente con l'origine alloctona del *parent material* – presumibilmente tutto di origine vulcanica.

- ii. La maggior parte dei suoli mostra profondità superiori a 140 cm (*Open Slopes, Upper Slopes, Streams*). I suoli più esili si rinvencono lungo i *Local ridges* (64 cm); mentre i suoli più profondi si rinvencono sugli *Upper slopes* ( $\geq 200$  cm).
- iii. In tutte le trivellate esaminate tranne per T1b (*Upper slope*), è stata osservata la presenza di suoli sepolti, confermata dalla presenza di orizzonti A ed Ab; infatti, i contenuti di sostanza organica non decrescono linearmente con la profondità.
- iv. Tutti i suoli superficiali sono molto scuri e tutti i suoli hanno contenuti molto elevati di sostanza organica, anche in profondità. Ciò denota l'evoluzione colluviale dei suoli e la presenza di stock di C particolarmente alti.
- v. Tutti i suoli sono privi di scheletro e gran parte, hanno una tessitura che varia da franca-argillosa a sabbioso-franca (vedi Tabella 26). Nonostante in profondità è frequente rinvenire tessiture più argillose (T3d e T5c eseguite, rispettivamente in condizioni di *Open Slope* e di *Streams*), ciò potrebbe essere imputabile alla presenza di possibili discontinuità litologiche, non sempre rinvenute nelle attività di campo.
- vi. I suoli sono quasi tutti sub-acidi ed il pH tende all'acidità solo in T3d (*Open Slopes*). In tutti i suoli il pH tende ad aumentare con la profondità denotando processi di lisciviazione a carico dei cationi metallo-alcalini del suolo.
- vii. Tutti i suoli hanno un'elevata andicità con pH in NaF che variano mediamente da 10,23 a 11,25. Frequentemente la presenza di orizzonti sepolti si accompagna ad andicità molto elevata (es. ABb in T2c effettuata in condizioni di *Local ridge*). Si evidenzia che non sempre il test di campo ha dato i risultati attesi (es. Ab in T5c effettuata in condizioni di *Stream*).
- viii. La CSC è sempre molto elevata, in accordo con le elevate concentrazioni di sostanza organica.

Inoltre si evidenzia quanto segue:

- i. la trivellata T1b effettuata in ambiente di *Upper slope*, è risultata la trivellata con cui è stato campionato il suolo più profondo, pari a 200 cm ed anche quella dove l'orizzonte Bb era più profondo (125 cm).
- ii. Invece, la trivellata T2c campionata in un *Local Ridge*, risulta quella con il suolo più sottile, pari a 64 cm.
- iii. La trivellata T2c è quella in cui è stato osservato l'orizzonte A più sottile (9 cm); mentre per le altre trivellate gli orizzonti A presentavano uguale spessore (20 cm).
- iv. La trivellata T3d eseguita lungo un *Open slope* è quella su cui è stato osservato l'orizzonte AB più spesso (18 cm).

- v. La trivellata T1b è quella con gli orizzonti B più spessi (45 cm); mentre, la trivellata con l'orizzonte B più sottile (24 cm) è risultata la T3d.
- vi. La trivellata T5c eseguita in condizioni di *Stream*, è risultata quella in cui è stato campionato l'orizzonte Ab e ABb più spesso (30 cm); mentre, T1b è quella dove tali orizzonti sepolti erano più sottili (10 cm).
- vii. La trivellata con gli orizzonti B sepolti più spessi (125 cm) è la T1b e la trivellata T2c è stata l'unica in cui non sono stati osservati orizzonti B sepolti;
- viii. Mediamente la trivellata con la tessitura più fine è risultata la T5c, di tipo franco-argillosa e quella con la tessitura più grossolana la T2c, mediamente con una tessitura franco-sabbiosa.
- ix. Tutte le trivellate sono risultate con scheletro assente.
- x. Mediamente i pH in H<sub>2</sub>O ed in KCl più alti sono stati osservati per la T1b ed i valori più bassi per questi pH sono stati osservati per la trivellata T3d.
- xi. Invece, i valori di pH in NaF più elevati, sono stati osservati per la trivellata T2c (11,25) e quelli più bassi per la trivellata T5c (10,23).
- xii. La trivellata T3d oltre ad essere quella con i pH in KCl ed H<sub>2</sub>O più alti, è risultata anche quella con il più alto contenuto di sostanza organica, mediamente pari al 7,95% e quella con la capacità di scambio cationico più alta, mediamente pari a 40,706 cmol +/Kg.
- xiii. La trivellata T1b oltre ad essere quella con i pH in KCl ed H<sub>2</sub>O più acidi, è risultata anche quella con il più basso contenuto di sostanza organica, mediamente pari al 4,84%.
- xiv. Infine, la trivellata T5a oltre ad essere caratterizzata dal pH in NaF più basso è quella con la CSC più bassa, pari a 32,372 cmol +/Kg.

Il dato più evidente risiede nel fatto che, alla trivellata T2c svolta in una convessità locale (*Local Ridge*), corrispondono i volumi e le altezze più basse ed il suolo campionato meno profondo, l'orizzonte A più sottile ed è l'unica a non presentare un orizzonte B sepolto. A tale trivellata corrispondono anche la tessitura più grossolana, la maggiore quantità di scheletro ed il pH in NaF più elevato.

Invece, i volumi e le altezze superiori sono stati osservati in prossimità della trivellata T5c eseguita in un impluvio profondo. Questa trivellata è stata quella in cui sono stati osservati gli orizzonti Ab più profondi, presenta l'orizzontazione più complessa (11 orizzonti) e la tessitura più fine. Dal punto di vista chimico è caratterizzata dal valore del pH in NaF e dalla CSC più bassi.

Per quanto riguarda il significato numerico delle classi per la stima della tessitura di campo e dello scheletro, si rimanda a quanto esposto precedentemente (vedi par. 1.4.2 e Cap. 3 Materiali e Metodi).

**Tabella 25** - Valori medi ponderati delle caratteristiche chimiche e morfologiche delle quattro trivellate sottoposte ad analisi chimiche, prelevate su fustaie di faggio

Trivellata	Landform	Altitudine (m slm)	Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Tot. (cm)	Or. A (cm)	Or. AB (cm)	Or. B (cm)	Or. Ab (cm)	Or. Bb (cm)	Scheletro	Tessitura	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH NaF	Calcare Tot. (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	CSC (cmol +/kg)
T1b	Upper slope	1139	18,615	18,02	200	20	0	45	10	125	0	5	6,59	5,52	10,95	0,00	48,37	32,559
T2c	Local Ridge	1130	14,476	15,90	64	9	0	40	15	0	0	10	6,21	5,52	11,25	1,40	71,37	38,262
T3d	Open Slope	1173	22,353	21,99	140	20	18	24	18	60	0	7	6,04	4,87	10,77	2,05	79,53	40,706
T5c	Stream	1143	28,920	27,61	190	20	10	30	30	100	0	4	6,39	5,13	10,23	0,58	67,71	32,372
<b>Media</b>		<b>1146</b>	<b>21,091</b>	<b>20,880</b>	<b>148,50</b>	<b>17,25</b>	<b>7,00</b>	<b>34,75</b>	<b>18,25</b>	<b>71,25</b>	<b>0,09</b>	<b>6,60</b>	<b>6,31</b>	<b>5,26</b>	<b>10,80</b>	<b>1,01</b>	<b>66,74</b>	<b>35,97</b>

Nella Tabella sottostante si riportano le descrizioni morfologiche e le caratteristiche chimico - fisiche degli orizzonti delle 4 trivellate selezionate ed il contesto geomorfologico, in cui rientra ciascuna trivellata; inoltre, si rimanda all' ALLEGATO 2 della tesi per una visione complessiva delle analisi di campagna eseguite su tutti gli orizzonti delle 23 trivellate campionate in faggeta.



**Tabella 26 -** Descrizione morfometrica e caratteristiche chimico-fisiche delle trivellate analizzate prelevate in faggeta

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Landforms	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura	pH H2O	pH KCl	pH NaF	Calcare Tot. (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	CSC (cmol +/kg)
<b>T1b</b>	467007 - 4558500	<i>Upper Slope</i>	A	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FS	5,89	5,34	10,96	0,00	87,55	36,51
			A2	10	20	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FAS	6,22	5,39	10,97		75,87	33,79
			Bw1	20	50	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	AL	6,35	5,32	11,01	0,0	63,97	28,60
			Bw2	50	65	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL						
			Ab	65	75	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAL	6,19	5,17	11,19	0,00	57,71	31,69
			Bwb1	75	95	Non Calcareo	Molto andico	10 YR 3/3	<1%	FAL	5,95	5,2	11,25	0,00	52,34	35,60
			Bwb2	95	120	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL	6,18	5,3	11,13	0,00	48,16	34,76
			Bwb3	120	155	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL	6,91	5,77	10,89	0,00	44,17	34,31
			Bwb4	155	200+	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL	7,32	5,87	10,68	0,00	22,69	30,30
<b>T2c</b>	466995 - 4558400	<i>Local Ridge</i>	A	1	10	Molto Scarsamente calcareo	Scarsamente andico	10YR 2/1	<1%	SF	5,57		11,35	9,10	123,34	47,60
			Bw1	10	30	Non calcareo	Andico	10YR 2/2	<1%	SF	6,21	5,42	11,26	0,00	62,26	34,96
			Bw2	30	50	Non calcareo	Andico	10YR 3/4	<1%	FS	6,36	5,45	11,21	0,00	60,30	34,62
			ABb	50	65	Non calcareo	Scarsamente Andico	10YR 4/4	<1%	FS	6,8	5,76	11,23	0,00	63,63	41,30
			R	65+												
<b>T3d</b>	465861 - 4558200	<i>Open Slope</i>	A1	0	5	Non Calacareo	Andico	10 yr 2.5/1	<1%	F	5,68	5,16	10,57	0,00	191,65	62,48
			A2	5	20	Non Calacareo	Molto Andico	10 yr 2.5/3	<1%	FAS	5,78	4,78	11,08	0,00	106,06	40,58
			AB	20	38	Non Calacareo	Molto Andico	7.5 yr 3/2	<1%	FA	5,62	4,83	11,39	0,00	101,83	39,88
			Bw1	38	62	Non Calacareo	Molto Andico	10 yr 4/2	<1%	F	5,61	5,10	11,11	0,00	91,78	39,30
			ABb	62	80	Non Calacareo	Andico	10 yr 4/4	<1%	FL	5,93	4,83	11,06	0,00	97,02	39,44
			Bwb1	80	120	Molto scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 3/3	<1%	FL	6,44	4,75	10,33	7,16	50,31	40,79
			Bwb2	120	140	Non Calacareo	Scarsamente Andico	10 yr 3/2	<1%	AL	6,53	4,90	10,26	0,00	39,52	38,76
			R	140	+											

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Landforms	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura	pH H2O	pH KCl	pH NaF	Calcare Tot. (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)	CSC (cmol +/kg)
<b>T5c</b>	466169 - 4557927	<i>Stream</i>	A	0	20	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 2/2	<1%	F	6,10	5,85	11,1	0,00	103,66	38,11
			AB	20	30	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FA	6,07	5,01	11,28	0,00	87,76	38,39
			Bw1	30	50	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FA	6,51	5,17	10,97	0,00	72,42	36,84
			Bw2	50	60	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FL	6,55	5,43	11,12	0,00	67,63	41,55
			Ab	60	75	Calcareo	Non Andico	7.5 YR 3/3	<1%	AS	6,86	5,76	11,19	7,28	96,80	47,98
			ABb	75	90	Molto Scarsamente calcareo	Molto Scarsamente Andico	7.5 YR 2.5/3	<1%	FAL	6,64	5,56	11,17	0,00	109,33	40,39
			Bwb1	90	110	Non Calcareo	Scarsamente Andico	7.5 YR 3/3	<1%	AS	6,71	5,49	10,9	0,00	93,51	38,29
			Bwb2	110	120	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FL	6,23	5,08	10,5	0,00	60,14	32,05
			Bwb3	120	150	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FA	7,18	5,21	10,37	0,00	28,45	30,12
			Bwb4	150	165	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	A	7,26	5,53	10,34	0,00	32,80	30,30
			Btb	165	190	Non Calcareo	Molto andico	7.5 YR 5/4	<1%	A	7,41	5,45	10,27	0,00	35,19	25,69
			R	190	+											

## 2.5 Parametri morfometrici che caratterizzano i paesaggi del faggio

Per descrivere i caratteri geomorfologici quantitativi (metriche delle forme del paesaggio), che caratterizzano i paesaggi del faggio, come è stato effettuato per il castagno, verranno utilizzati tre indici numerici, ovvero la Curvatura in Piano, la Curvatura del Profilo ed il *Topographic position Index* (TPI), molto ben conosciuti nella letteratura scientifica, il cui significato è stato ampiamente esposto nel capitolo e nei paragrafi precedenti.

Qui di seguito si riportano i valori di tali indici, osservabili entro il perimetro della tipologia forestale esaminata e quelli esaminati con il campionamento pedologico (85 osservazioni puntuali).

**Tabella 27** - Valori relativi alla Curvatura in Piano, Curvatura del Profilo e *Topographic Position Index*, dell'intera area su cui vegetano le faggete del Camposauro

Statistica	Plan Curvature	Profile Curvature	TPI
Media	0,000	0,000	-0,080
Max	0,090	0,135	7,704
min	-0,099	-0,105	-9,203
Deviazione Standard	0,009	0,006	1,232

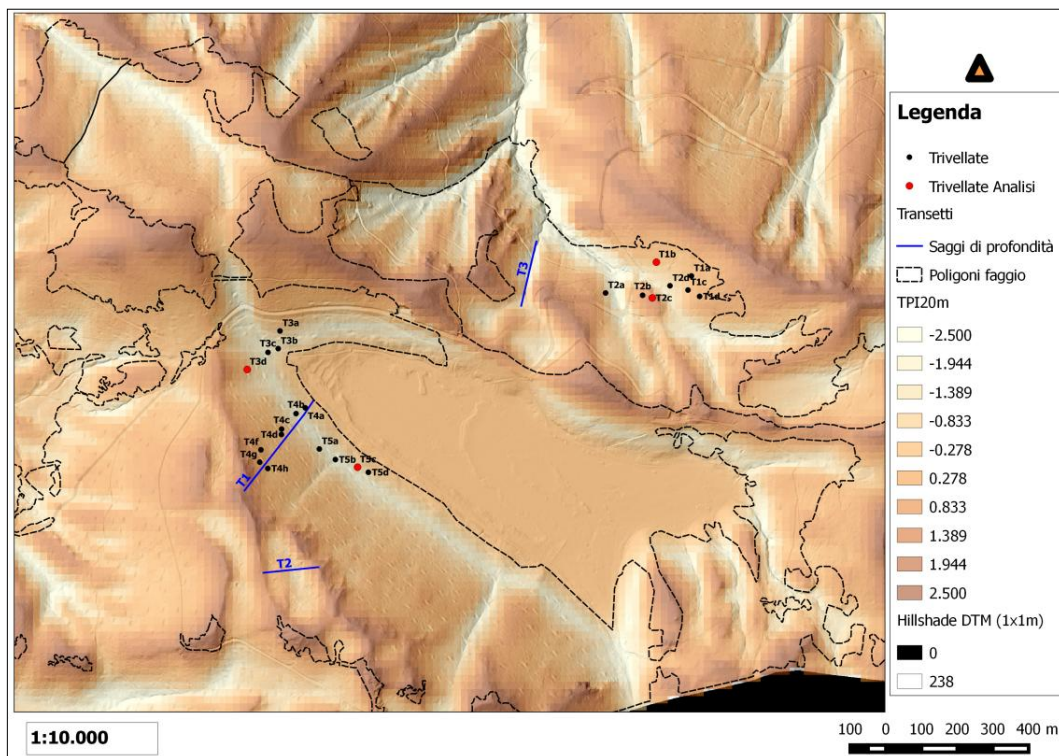
**Tabella 28** - Statistiche descrittive dei parametri morfometrici delle 85 osservazioni campionarie eseguite in faggeta

Statistica	Profile Curvature	Plan Curvature	TPI
Media	-0,001	-0,004	-0,591
Max	0,010	0,013	2,376
min	-0,013	-0,039	-2,735
Varianza	0,000	0,000	1,375
Deviazione Standard	0,004	0,010	1,173
Errore Standard	0,000	0,001	0,127

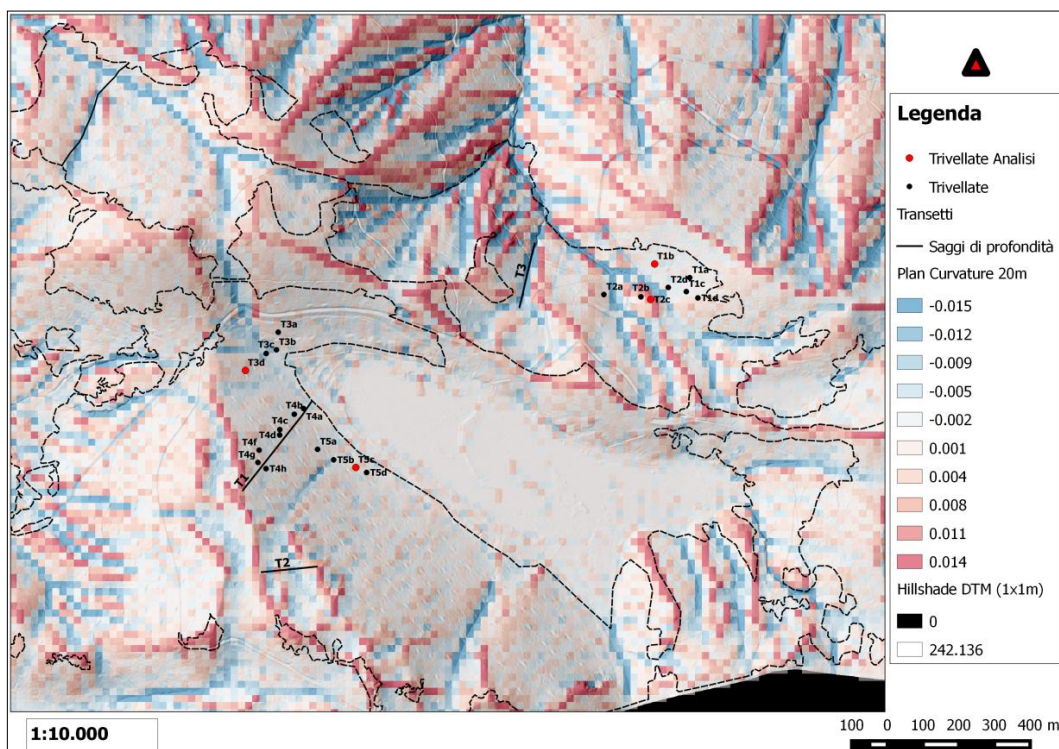
Quindi, alla luce dell'analisi dei tre parametri morfometrici ed in accordo con quanto esposto nel paragrafo 2.3, il popolamento di faggio, come quello "sottostante" di castagno, vegeta su versanti lineari leggermente concavi. Il maggiore valore medio del TPI del popolamento di faggio, rispetto a quello del castagno, si presume sia dovuto alle vette più elevate dell'area su cui vegetano le faggete. Inoltre, i valori medi rilevati durante il campionamento pedologico, relativi ai tre parametri morfometrici, risultano leggermente più negativi per il faggio e ciò ci fa presumere che il campionamento su tale tipologia forestale, ha riguardato maggiormente forme di paesaggio come le concavità e gli impluvi (*Streams, Midslope Drainages & Upland Drainages*) rispetto ai crinali e agli alti versanti (*Upper*

*slopes, Local Ridges & High Ridges*). Invece, il campionamento sul castagno ha riguardato soprattutto zone vallive, bassi e medi versanti (*U-shape Valleys, Plains & Open Slopes*).

**Figura 21** - Indice topografico di posizione dell' area a faggio esaminata

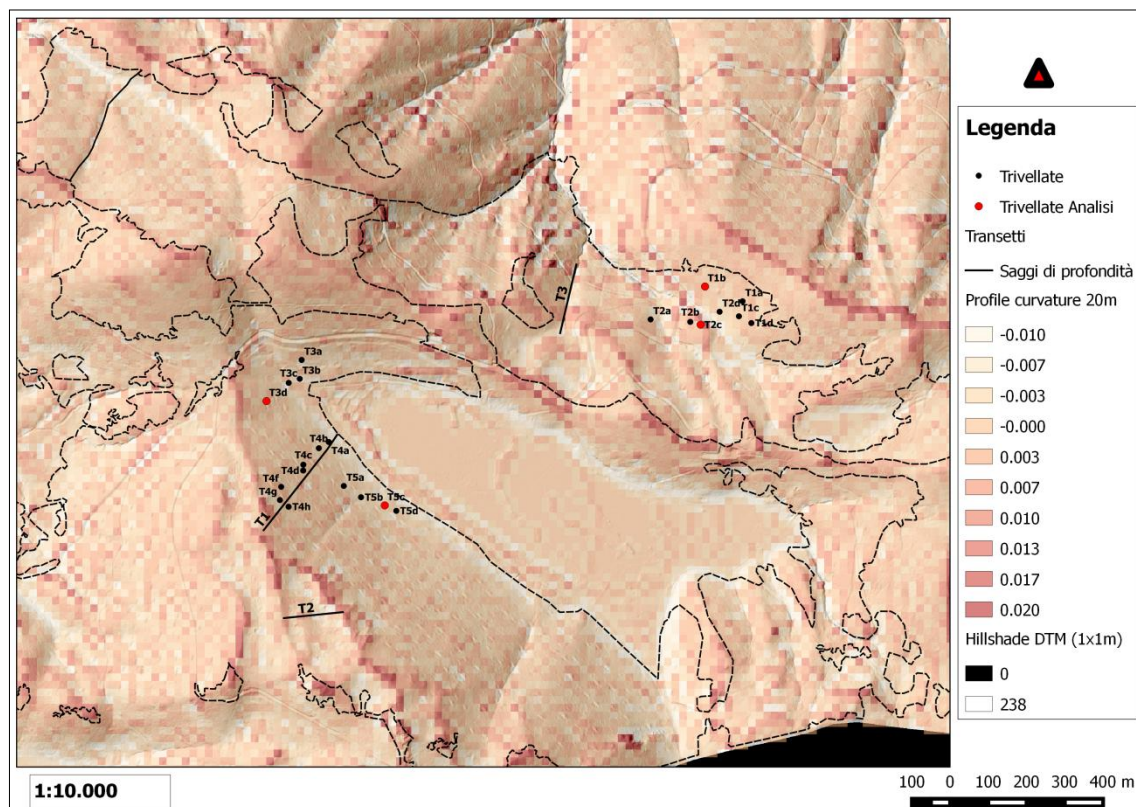


**Figura 22** - Curvatura in piano dell' area a faggio esaminata





**Figura 23** - Curvatura del profilo dell' area a faggio esaminata



Secondo quanto già esposto nel capitolo precedente, per analizzare i fenomeni di versante legati alle caratteristiche topografiche dell' area di studio, sono stati esaminati due parametri, la *Catchment area* (CA) ed il *Topographic Wetness Index* (TWI). Ambedue i parametri hanno indirettamente un significato di potenziale interesse idrologico (vedi Cap. 3 - par.fi 3.6 e 3.7).

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori di CA e di TWI, osservabili entro il perimetro delle fustaie di faggio del Camposauro ed osservati con il campionamento pedologico.

**Tabella 29** - Valori relativi a *Catchment area* ed al *Topographic wetness index* dei siti su cui vegeta la faggeta

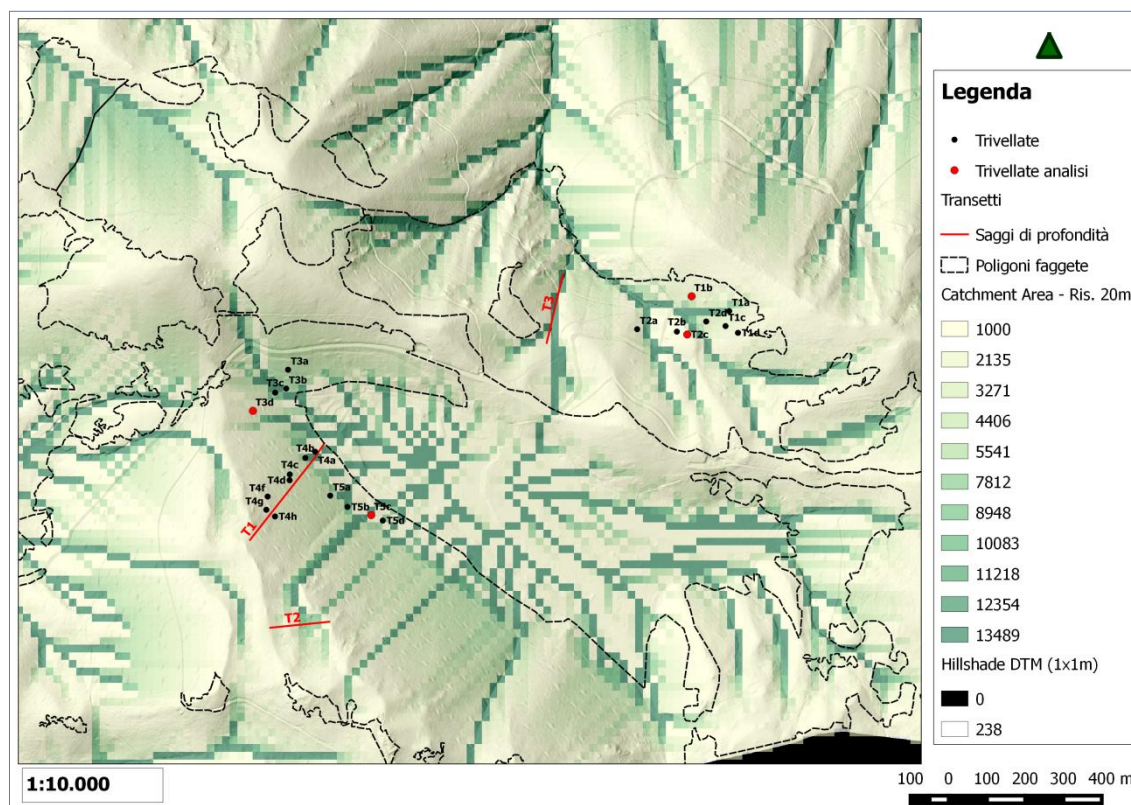
Statistica	Catchment area (m2)	TWI
Media	29396	8,68
Max	2800800	5,49
min	400	18,73
Deviazione Standard	155919	1,72

**Tabella 30** - Statistiche descrittive della *Catchment area* e TWI delle 85 osservazioni campionarie svolte in faggeta

Statistica	Catchment area (m2)	TWI
Media	213992	9,885
Max	1729584	14,752
min	400	6,949
Varianza	234117090270	5,810
Deviazione Standard	483856	2,410
Errore Standard	52482	0,261

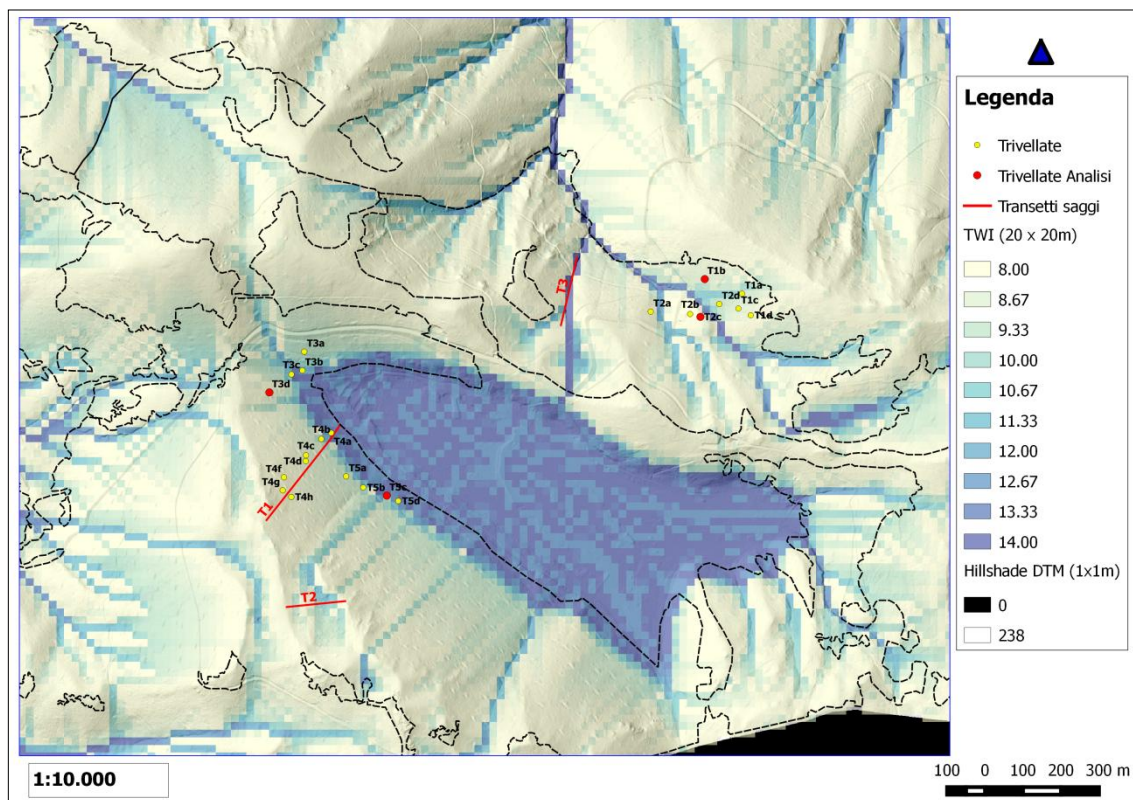
Dall' osservazione delle due tabelle si nota che i valori dei parametri nei punti del campionamento, rispecchiano e si avvicinano alle condizioni medie dell' area occupata dal faggio sul Camposauro, soprattutto per quanto riguarda il TWI.

**Figura 24** - *Catchment area* dell' area a faggio esaminata





**Figura 25** - *Topographic Wetness Index* dell' area a faggio esaminata



### 3. Rilevamento sui paesaggi degli orno-ostrieti

Gli orno-ostrieti, sia mesofili che mesoxerofili, sono la principale tipologia forestale presente nell' area oggetto di studio ed occupano una superficie di 1.848,82 ha pari al 57,68% della superficie forestale dell' area e al 60,40% di quella boscata (vedi Capitolo 2 - par. 7.1 e 7.2 ). Si tratta prevalentemente di formazioni cedue o a ceduo invecchiato, secondariamente boschi di neo-formazione.

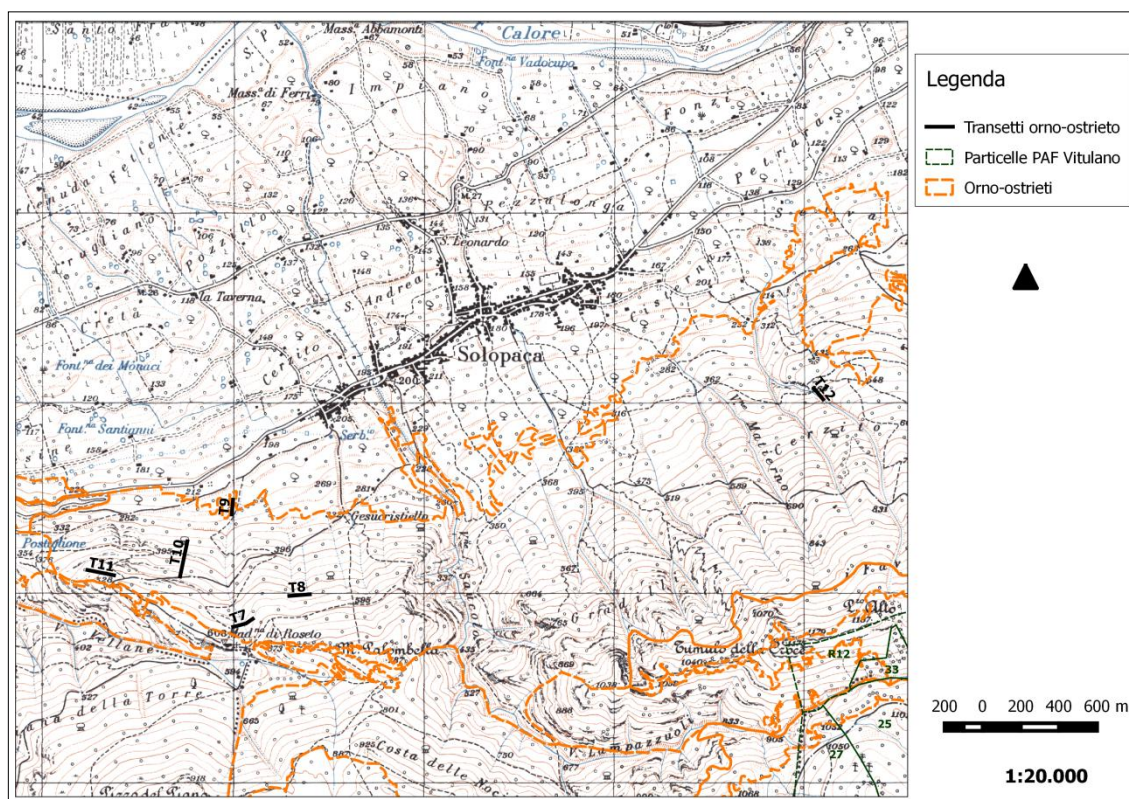
Tali formazioni possono essere osservate in ciascuno dei 4 comuni dell' area di studio (Solopaca, Vitulano, Paupisi e Torrecuso), ma le osservazioni campionarie sono state svolte prevalentemente all' interno del Demanio di Solopaca (BN) e secondariamente in quello di Vitulano (BN). Tale formazione forestale, risulta solo in parte soggetta alla pianificazione del Piano di Gestione Forestale comunale di Vitulano 2004/2015 (Tavola 4 - carta forestale), con una superficie pianificata pari al 16,14% della superficie di tale tipologia forestale nell' area oggetto di studio.

Come esposto per il castagno (vedi par. 1) le osservazioni sono state svolte su soprassuoli abbastanza coetanei, tentando di ridurre la distorsione dovuta alle differenze di età dei soprassuoli cedui, il campionamento è stato svolto su soprassuoli, con un'età simile, compresa tra 22 e 31 anni ed un'età media di 29,66 anni al momento del volo Lidar (primavera 2011).

Come verrà esposto nei paragrafi a seguire, dato l'ampio spettro ecologico sia del carpino nero che dell'orniello, la grande estensione ed il grande range altimetrico occupato da questa formazione forestale, nell'area oggetto di studio l'orno-ostrieto vegeta in differenti fasce vegetazionali ed in contesti geomorfologici e pedologici molto vari.

Il campionamento pedologico sugli orno-ostrieti ammonta a 142 saggi di profondità divisi su 10 transetti. Secondo i toponimi IGM 1:25.000, le osservazioni nel loro complesso sono state svolte alle Località: "Madonna di Roseto", "Gesucristiello", "Cerzito", "Cesco Zarrella" e "Vallone Grande" del Comune di Solopaca (BN) ed alle Località "Fossa Ritonna" e "Cesco Summaria" in Agro di Vitulano (BN). Al fine di fornire una corretta comprensione della localizzazione dei rilievi esposti in precedenza si riportano le seguenti carte (Figura 26 e 27).

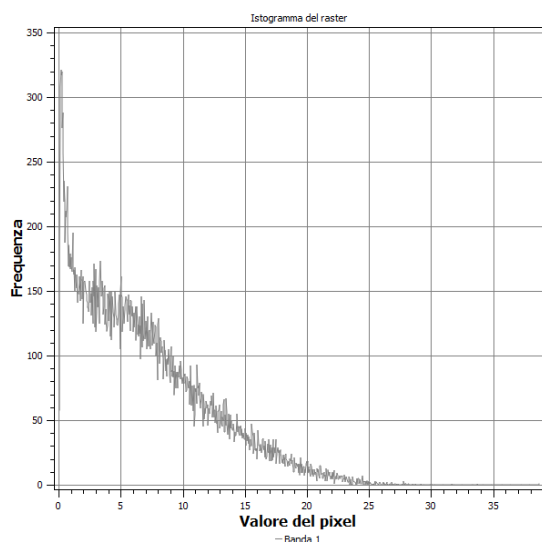
**Figura 26** - Localizzazione della porzione ovest dei transetti su cui sono stati effettuati i saggi di profondità sull'orno-ostrieto



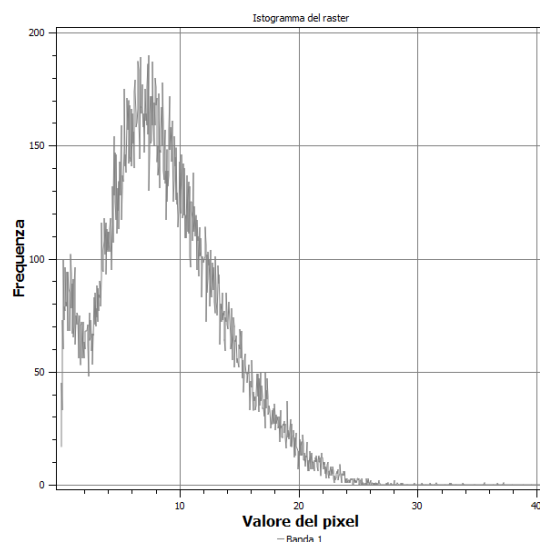




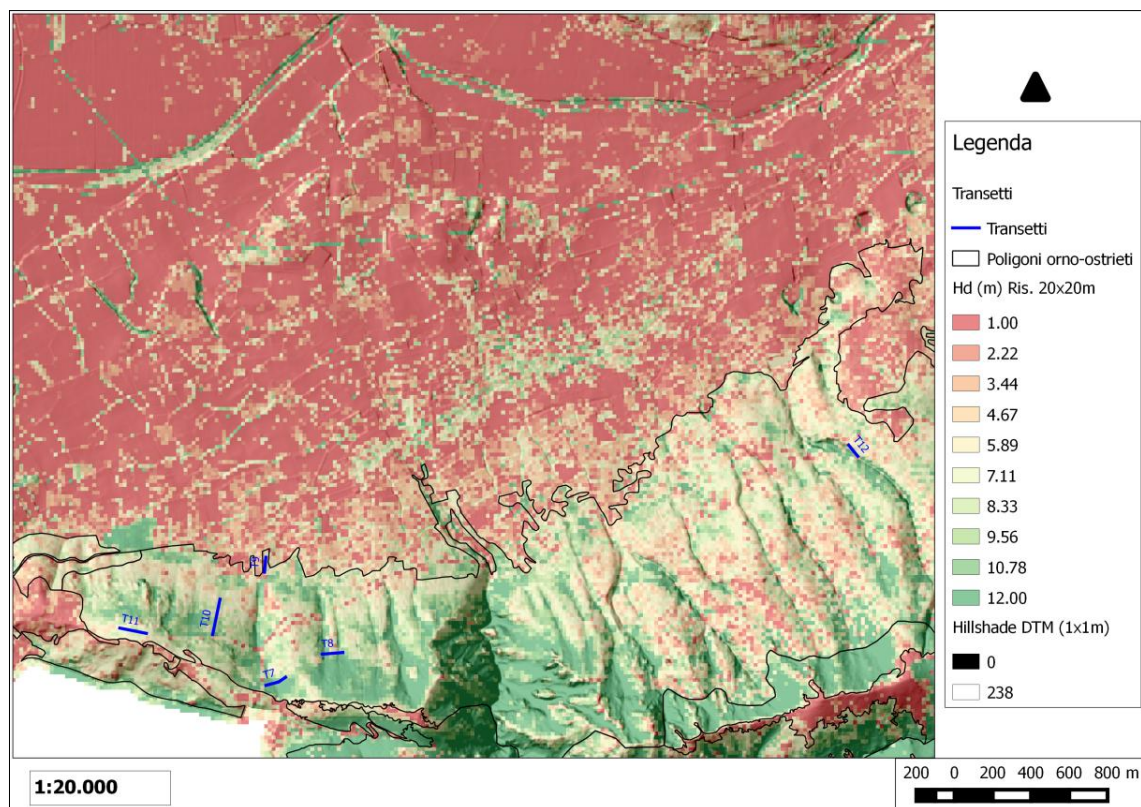
**Grafico 12** - Istogramma valori dei raster e relative frequenze (n° di pixel) dei volumi dendrometrici ( $m^3/400m^2$ ), orno-ostrieto fascia pedemontana e montana del Camposauro



**Grafico 13** - Istogramma valori dei raster e relative frequenze (n° di pixel) delle Altezze dendrometriche (m), orno-ostrieto fascia pedemontana e montana del Camposauro

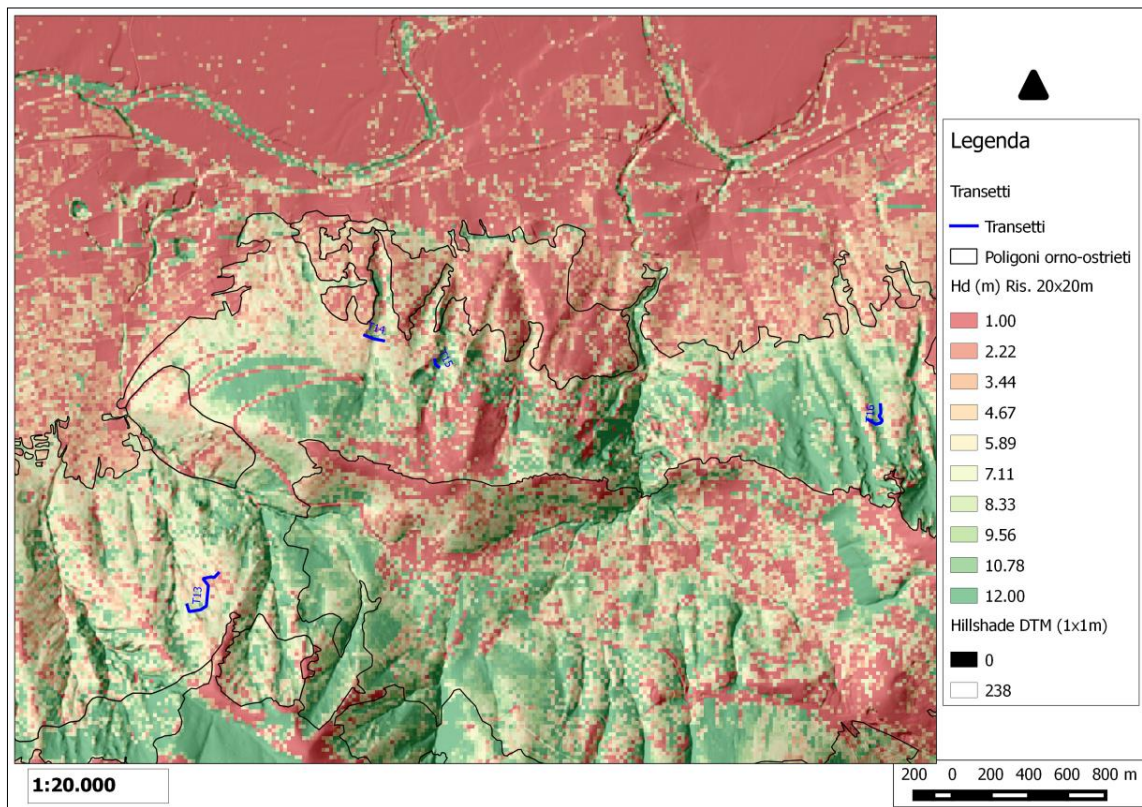


**Figura 28** - Carta delle altezze dendrometriche degli orno-ostrieti, porzione ovest

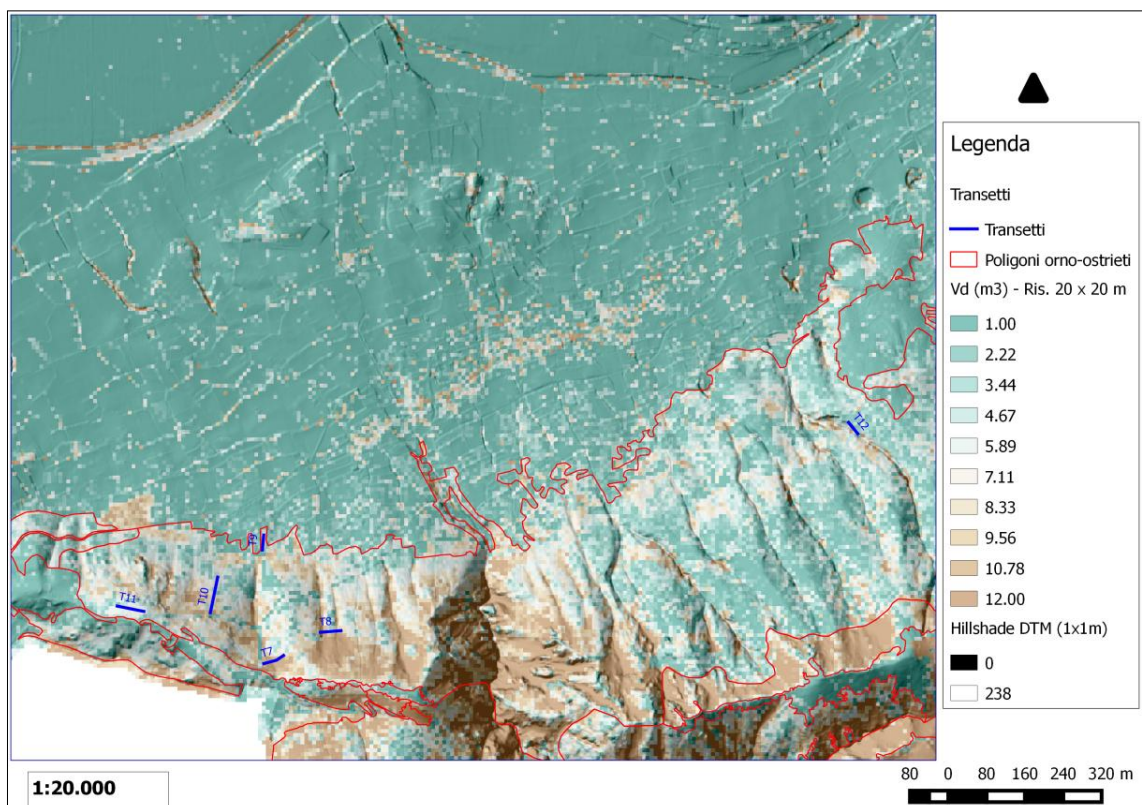




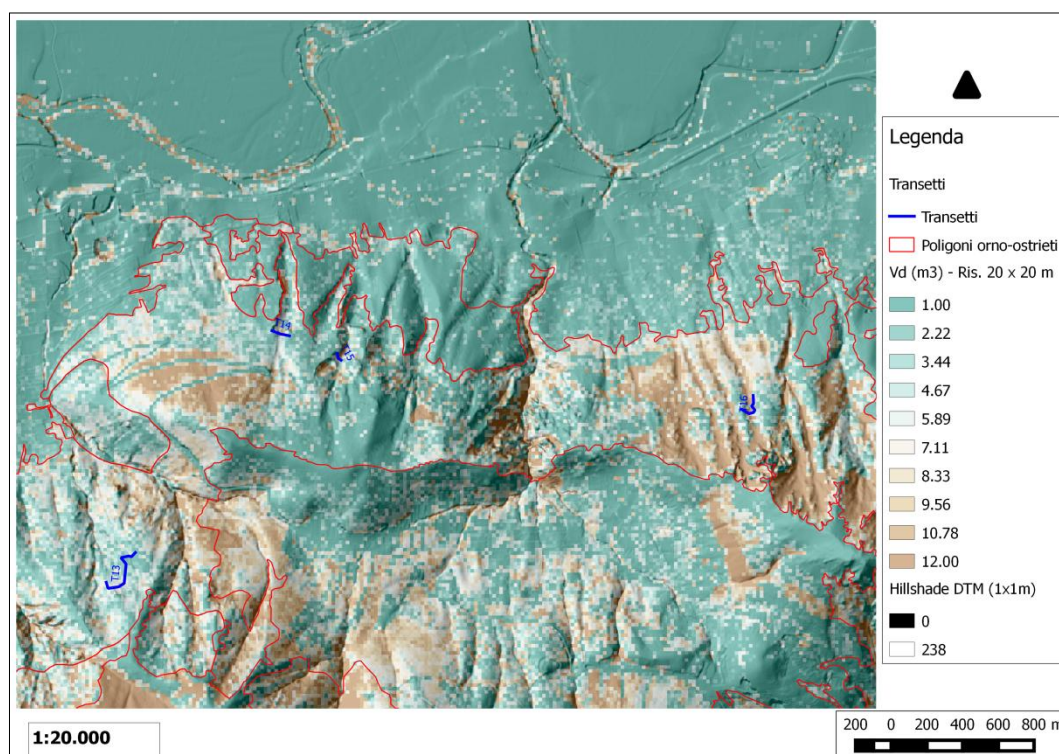
**Figura 29** - Carta delle altezze dendrometriche degli orno-ostrieti, porzione est



**Figura 30** - Carte dei volumi dendrometrici degli orno-ostrieti, porzione ovest



**Figura 31** - Carte dei volumi dendrometrici degli orno-ostrieti, porzione est



Per quanto riguarda le 142 osservazioni campionarie i volumi dei pixel in cui rientravano i saggi di profondità sono compresi tra 1,16 e 13,38 m<sup>3</sup>/pixel ed il valore medio si attesta a 6,67 m<sup>3</sup>/pixel (Dev. ST 3,12 m<sup>3</sup>/pixel).

Invece, per quanto riguarda le altezze dei soprassuoli su cui è stato svolto il campionamento pedologico, queste variavano tra 3,48 e 16,08 m, la loro media è pari a 8,93 m (Dev. ST 2,88 m). Quindi, i dati dendrometrici medi del campionamento, si avvicinano molto a quelli del popolamento indagato.

**Tabella 31** - Statistiche descrittive relative al volume e all' altezza dendrometrica degli orno-ostrieti, su cui è stato svolto il campionamento

STATISTICHE	Volume dendr. (m <sup>3</sup> /400m <sup>2</sup> )	Alezza dendr. (media m/400m <sup>2</sup> )
Media	6,67	8,93
Max	13,38	16,08
min	1,16	3,48
Varianza	9,76	8,28
Deviazione Standard	3,12	2,88
Errore Standard	0,26	0,24
Coefficiente di Variazione	46,85	32,24



### 3.2 Dati topografici del popolamento e delle osservazioni campionarie eseguite sugli orno-ostrieti

Per quanto riguarda i dati topografici, in particolare l' altitudine e le pendenze, dell' intero popolamento oggetto di studio ed i valori di tali parametri osservati nei punti campionati con i saggi di profondità, si riportano le statistiche più significative nella seguente tabella.

**Tabella 32** - Rappresentazione sinottica dei dati relativi alle quote ed alle pendenze dell' intero orno-ostrieto ed ai punti campionati

Riferimento	Statistica	Quota (m slm)	Pendenza (%)
<b>Popolamento</b>	Media	644,26	65,34
	Max	1.236	315,15
	min	95	3,54
	Dev. ST	261,68	20,57
<b>Campionamento</b>	Media	552,51	61,28
	Max	820	88,25
	min	246	26,55
	Dev. ST	150,08	13,33

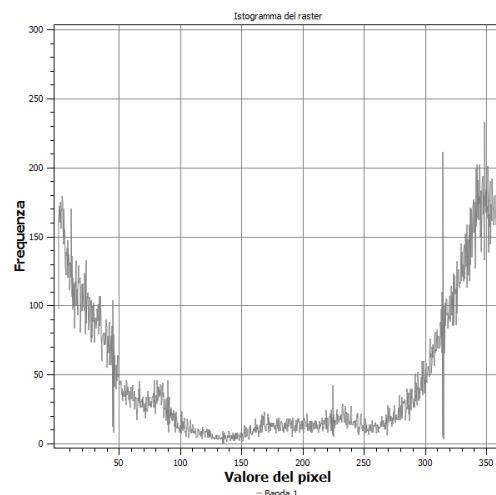
Dall' osservazione dei dati riportati in tabella possiamo sostenere che i valori topografici del campionamento, mediamente rispecchiano quelli del popolamento indagato nella sua interezza.

Invece, per quanto riguarda l' esposizione il popolamento vegeta su versanti esposti prevalentemente a NORD, NORD-EST e NORD-OVEST, come emerge dall' analisi del raster , con risoluzione di 20 m (Grafico 14).

**Tabella 33** - Osservazioni campionarie divise in classi di esposizione e relative frequenze.

Classe esposizione	Intervallo (°)	N° Osservazioni	Tasso
NORD	(337,6 - 22,5)	51	35,92%
NORD - EST	(22,5 - 67,5)	10	7,04%
EST	(67,6 - 112,5)	9	6,34%
SUD - EST	(112,6 - 157,5)	0	0,00%
SUD	(157,6 - 202,5)	4	2,82%
SUD - OVEST	(202,6 - 247,5)	6	4,23%
OVEST	(247,6 - 292,5)	8	5,63%
NORD - OVEST	(292,6 - 227,5)	54	38,03%

**Grafico 14** - Istogramma frequenza (n° di pixel) e valori di esposizione in gradi sessagesimali



Invece, il campionamento è stato svolto prevalentemente su versanti esposti a NORD e a NORD-OVEST, rispettivamente con il 35,92% ed il 38,03% delle osservazioni (Tabella 33).

### 3.3 Descrizioni delle principali forme di paesaggio

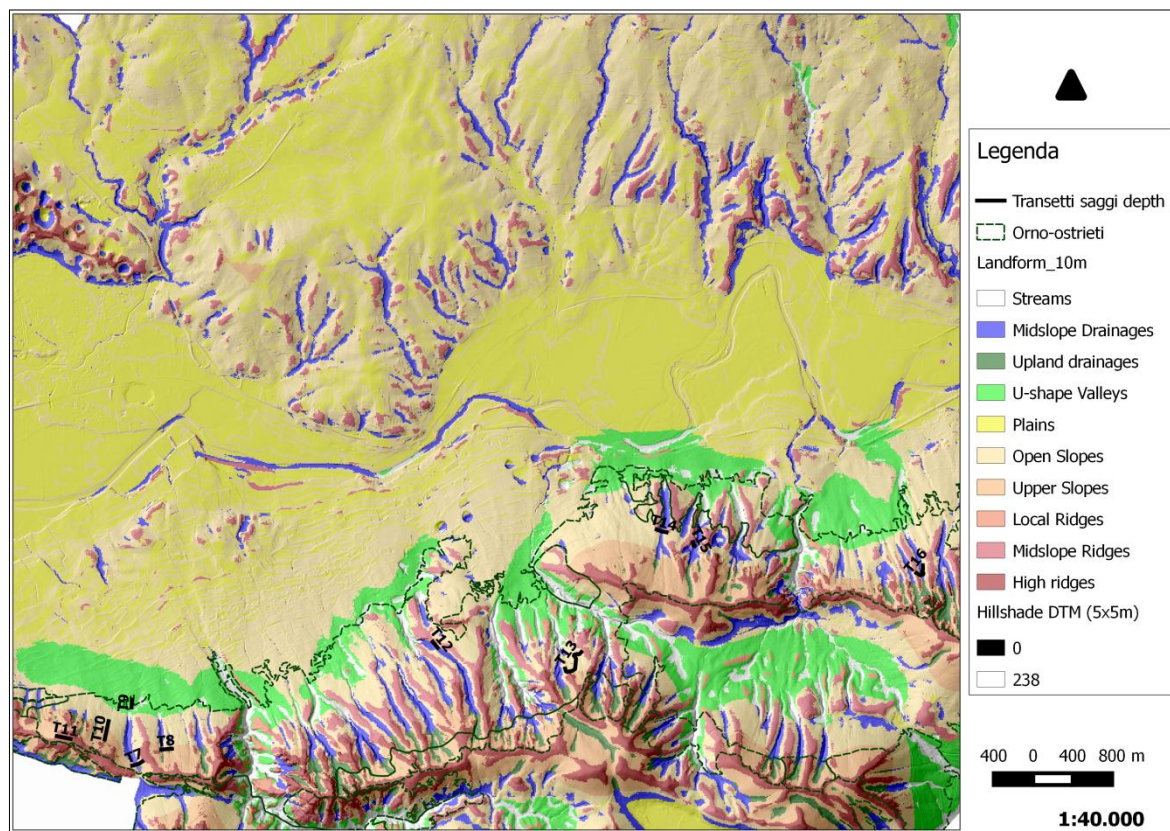
La grande estensione delle superfici a bosco misto mesofilo e meso-xerofilo dell' area oggetto di studio, come esposto in precedenza data la grande plasticità ecologica e la rusticità delle specie dominanti di tali formazioni boschive (carpino nero e l' orniello, vedi Cap. 1), gli orno-ostrieti nell' area oggetto di studio vegetano in un ampio spettro altimetrico compreso tra 95 e 1.236 m slm, coprendo vari piani vegetazionali partendo dalla fascia basale inferiore, fino ad arrivare alla fascia montana del Massiccio del Camposauro, vegetando in condizioni fitoclimatiche e geomorfologiche molto diversificate.

Di seguito si riposta la descrizione e l' analisi delle caratteristiche geomorfologiche dell' area, in base alla *Landforms Classification - TPI based*, che prevede 10 classi o forme di paesaggio. Nell' area di studio sono presenti tutte le dieci *landforms* e le principali forme di paesaggio osservabili, sono i medi e gli alti versanti (*Open Slopes & Upper Slopes*) che occupano rispettivamente circa 24,70% ed il 16,21% dell' areale (Tabella 34). Pertanto gli orno-ostrieti in questione vegetano su versanti ad elevata pendenza, si rinvenno frequentemente anche sui crinali, nelle vallecole ed impluvi, raramente si rinvenno in zone vallive e di pianura.

**Tabella 34** - Classificazione geomorfologica dell' area occupata dall' orno-ostrieto e relative estensioni delle varie forme di paesaggio

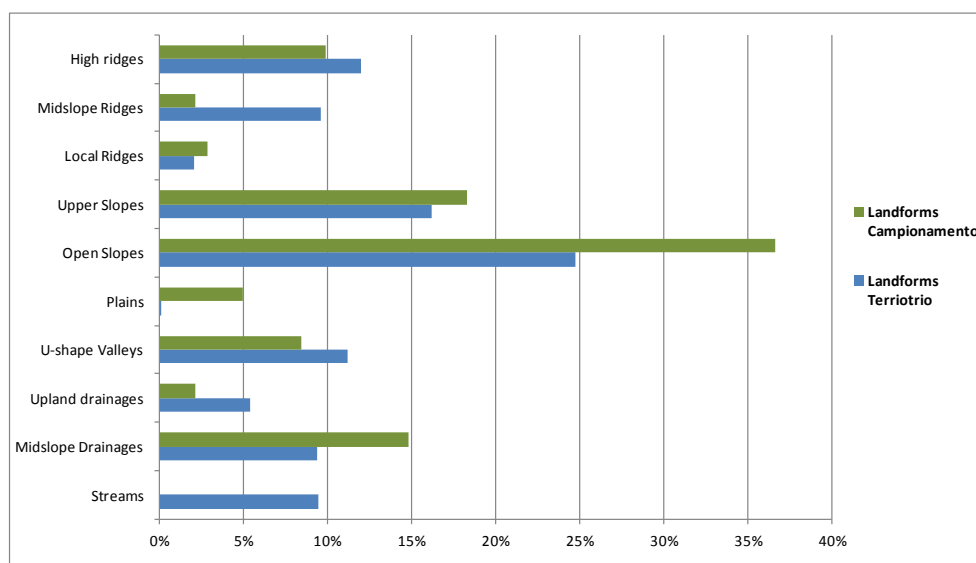
Landforms	Classe	Sup. (Ha)	Frequenza
Streams	0	174,94	9,46%
Midslope Drainages	1	173,52	9,38%
Upland drainages	2	100,01	5,41%
U-shape Valleys	3	207,04	11,20%
Plains	4	0,09	0,00%
Open Slopes	5	456,63	24,70%
Upper Slopes	6	299,65	16,21%
Local Ridges	7	38,51	2,08%
Midslope Ridges	8	177,77	9,61%
High ridges	9	220,88	11,95%

**Figura 32** - Forme di paesaggio su cui vegetano gli orno-ostrieti



Tramite il campionamento pedologico (saggi di profondità) sono state esaminate 9 forme di paesaggio; il 36,62% delle osservazioni è stato svolto sui medi versanti, il 18,31% sui versanti alti (Grafico 15).

**Grafico 15** - Ripartizione delle forme di paesaggio che caratterizzano gli orno-ostrieti del Camposauro e divisione delle 142 osservazioni campionarie per forme di paesaggio



### 3.4 Descrizione della Litologia e dei Suoli dell' area di studio e di quelli campionati

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 gli orno-ostrieti dell' area di studio vegetano prevalentemente su substrati di natura calcarea e nello specifico la litologia è rappresentata da Calcari compatti duri e secondariamente da Breccie (Tabella 36), che risultano essere le tipologie geolitologiche prevalenti nell' area occupata dagli orno-ostrieti (TAVOLA 2 - Carta geolitologica su base topografica IGMI 1:25.000).

**Tabella 36** - Caratteristiche geolitologiche e ripartizione della litologia dell' area in cui vegeta l' orno-ostrieto

Litologia	Sup. (Ha)	Frequenza
Calcari compatti (duri)	1293,55	69,97%
Breccie (clasti angolosi, schegge)	394,73	21,35%
Depositi di conoide	90,52	4,90%
Depositi ghiaiosi non cementati di scarpata	48,73	2,64%
Molasse	17,48	0,95%
Sabbie e ghiaie di piana alluvionale	3,80	0,21%

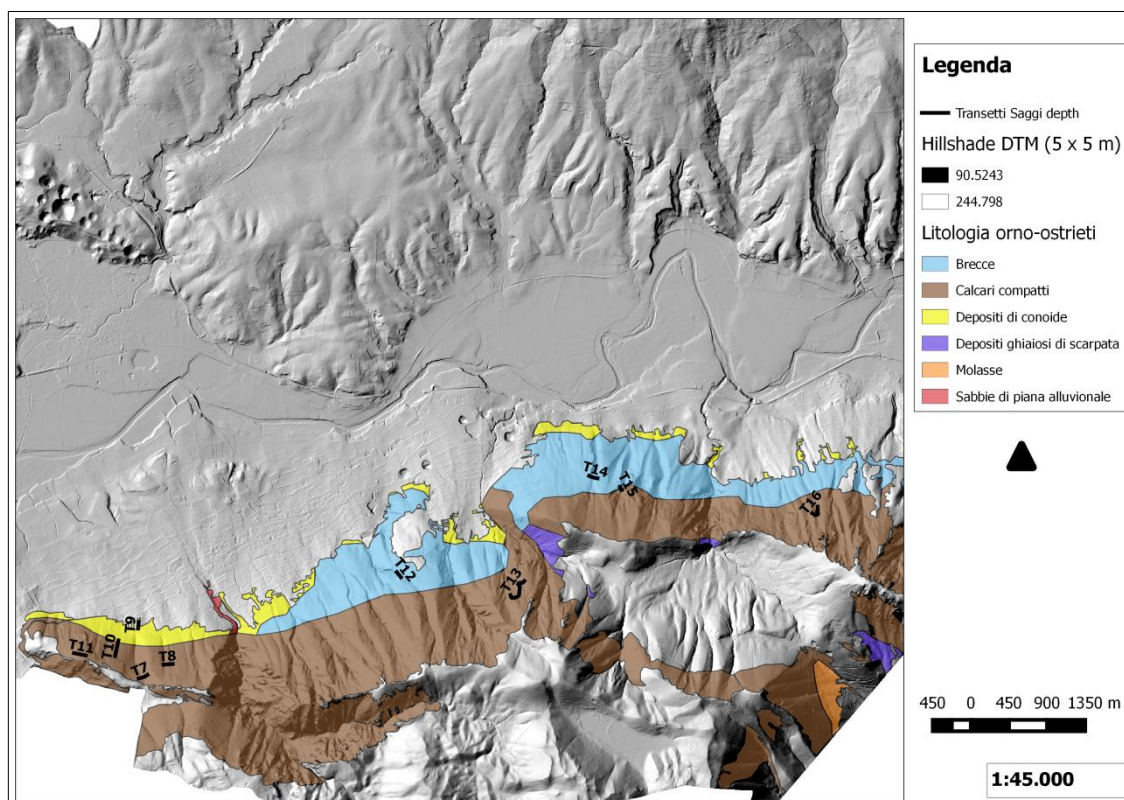
Per quanto concerne il campionamento pedologico, sono state rispettate le caratteristiche litologiche dell' area indagata, in quanto il 78,87% dei saggi di profondità è stato svolto su substrati a calcari compatti (112 saggi), il 16,20% su breccie (23 saggi) ed il restante 4,93% su depositi di conoide (7 saggi).

Secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000, in cui è stata utilizzata la Classificazione Proposta dalla Soil Taxonomy (1998), gli orno-ostrieti oggetti di studio vegetano su 10 differenti sotto-gruppi, consociazioni ed associazioni di suoli. I *Typic Hapludands*, *Lithic Hapludands* e *Typic Hapludands* in associazione, risultano le due tipologie pedologiche più rappresentative nell' area di studio, con una rappresentatività rispettivamente del 37,10% e del 34,18% (Tabella 37).

**Tabella 37** - Suoli degli orno-ostrieti dell' area di studio

Suoli (USDA, 1998)	Sup. (Ha)	Frequenza
Lithic Hapludands	161,78	8,75%
Alfic Udivitrands	5,61	0,30%
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	631,93	34,18%
Typic Hapludands	685,84	37,10%
Typic Haplustands	134,50	7,28%
Typic Melanudands	22,88	1,24%
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	203,44	11,01%
Alfic Hapludands	1,48	0,08%
Alfic Haplustands	0,55	0,03%
Vitrandid Haplustals e Typic Calciustepts	0,58	0,03%

**Figura 33** - Inquadramento geo-litologico e transetti eseguiti sugli orno-ostrieti



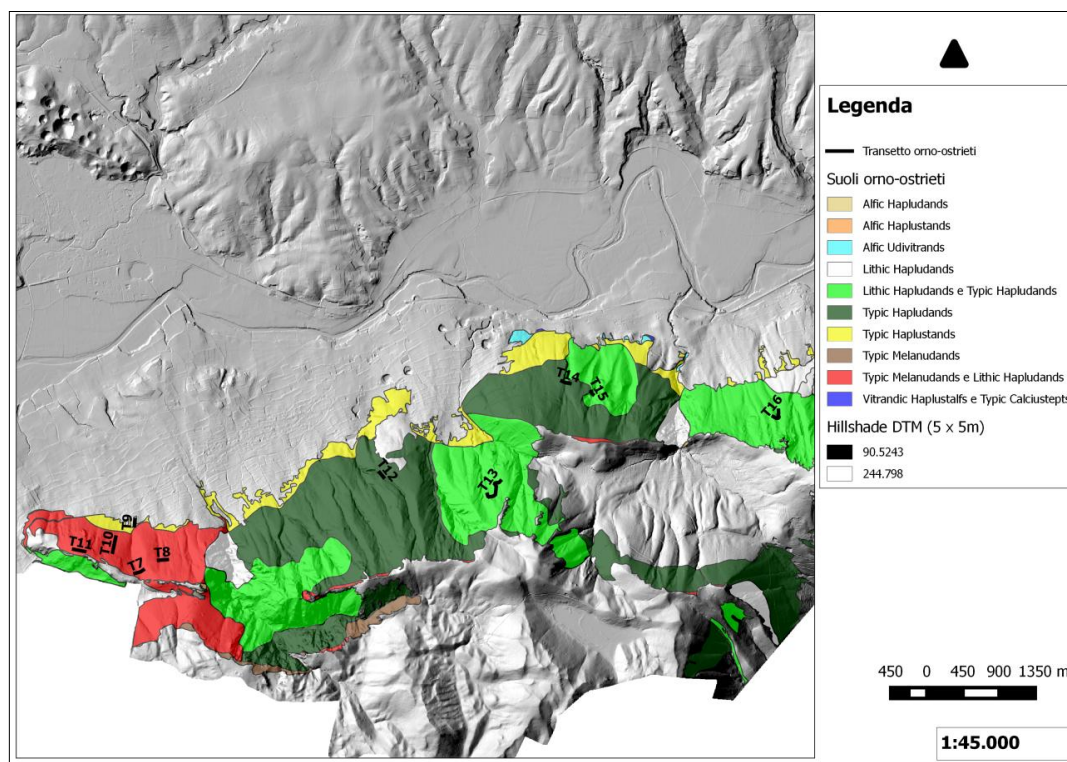
Invece, il campionamento pedologico svolto sugli orno-ostrieti, si è concentrato sui *Lithic Hapludands* e *Typic Hapludands* con 60 osservazioni, pari al 42,25% del totale e sui *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* in associazione pari al 41,55% del osservazioni totali (Tabella 38).

**Tabella 38** - Ripartizione dei saggi di profondità per tipologia di suolo

Suoli (USDA, 1998)	N° di saggi	Frequenza
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	60	42,25%
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	59	41,55%
Typic Hapludands	19	13,38%
Typic Haplustands	4	2,82%



**Figura 34** - Suoli su cui vegetano gli orno-ostrieti del Camposauro



### 3.4.1 Andamento della profondità del suolo in relazione alle forme di paesaggio

Le osservazioni campionarie eseguite sugli orno-ostrieti consistono in 142 saggi di profondità, divisi in 10 transetti svolti su diversi ambienti geomorfologici:

- Transetto T7 - Località "Madonna di Roseto" Solopaca (Figura 35): 12 saggi di profondità su di un transetto lungo 113 m, il transetto è stato svolto in direzione trasversale ad una vallecchia o drenaggio a media pendenza, descrivendo le *Landforms* coperte dal transetto, in direzione ovest - est avremmo: *Upper Slope, Midslope Drainage & Upper slope* - Foto 4

- Transetto T8 - Località "Madonna di Roseto" Solopaca (Figura 35): 11 saggi di profondità lungo un transetto di 108 m, tale transetto è stato svolto in direzione trasversale ad una concavo-convessità, descrivendo le *Landforms* coperte dal transetto da ovest ad est avremmo: *Upland drainage, Midslope Drainage, Upland drainage, Upper Slope, Upland drainage, Upper slope*.

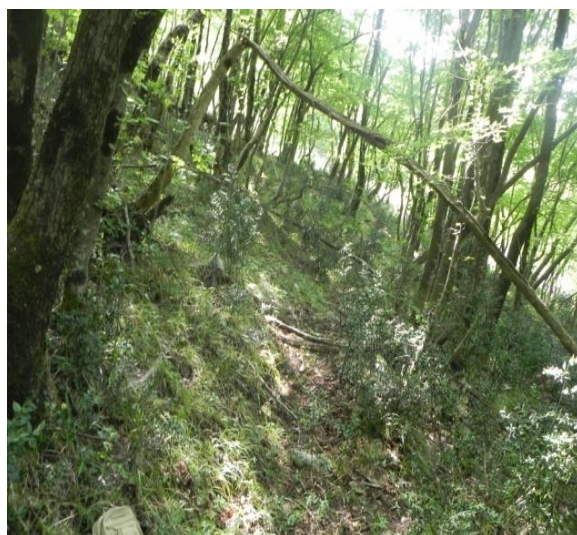
- Transetto T9 - Località "Gesucristiello" Solopaca (Figura 36): 4 saggi di profondità su di un transetto di 78 m, che è stato svolto in una zona valliva di piè versante e rientrava in un' unica *Landform* (*U-shape Valley*).

- Transetto T10 - Località "Madonna di Roseto" Solopaca (Figura 36): 20 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 189 m, che scende lungo un versante (*Landforms: Upper Slope and Open slope*) - Foto 5



- Transetto T11 - Località "*Postiglione*" Solopaca (Figura 37): 16 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 142 m, che segue l'andamento di un crinale (Lanforms: *High Ridge* e nella parte nord-ovest *Upper Slope*) - Foto 6
- Transetto T12 - Località "*Cerzito*" Solopaca (Figura 38): 8 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 77 m, in posizione trasversale ad un impluvio, descrivendone l'andamento in direzione sud-nord, ovvero da valle verso monte (Lanforms: *Midslope Drainage*, *Open slope* e *Midslope Ridge*).
- Transetto T13 - Località "*Cesco Zarrella*" Solopaca (Figura 39): 34 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 379 m, lungo un versante (Lanforms: *Open slope*).
- Transetto T14 - Località "*Vallone Grande*" Solopaca (Figura 40): 11 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 104 m, svolto seguendo la direzione di una nicchia di distacco, tale transetto è stato svolto in direzione trasversale ad un versante (Lanforms: *Open slope* e *Midslope Ridge*).
- Transetto T15 - Località "*Fossa Ritonna*" Vitulano (Figura 40): 8 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 46 m, con direzione trasversale ad un impluvio (Lanforms: *Open slope* e *Midslope Drainage*).
- Transetto T16 - Località "*Cesco Summara*" Vitulano (Figura 41): 17 saggi di profondità svolti lungo un transetto di 181 m, descrivendo le *Lanforms* in direzione nord-sud: *Midslope Ridges*, *Open slope* e *Midslope Drainage*, *Open slope*.

**Foto 4 - Ambiente Transetto T7**



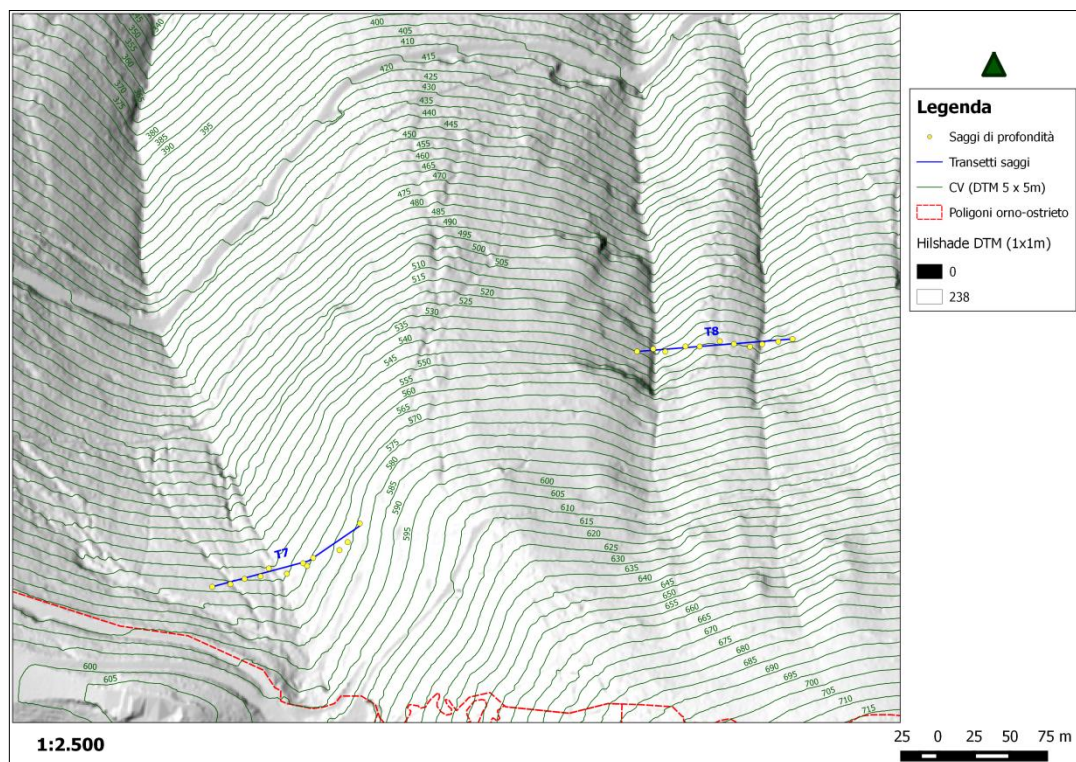
**Foto 4 - Ambiente Transetto T10**



**Foto 6** - Ambiente Transetto T11

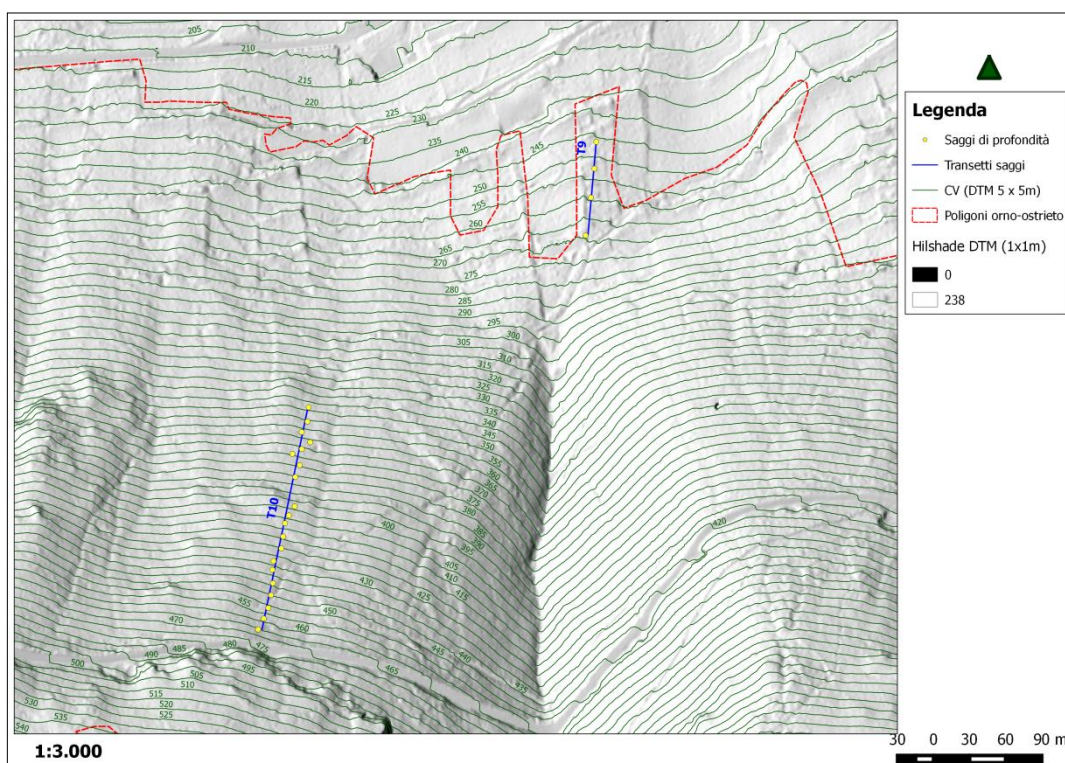


**Figura 35** - Inquadramento transetti saggi di profondità T7 e T8 eseguiti su orno-ostrieto

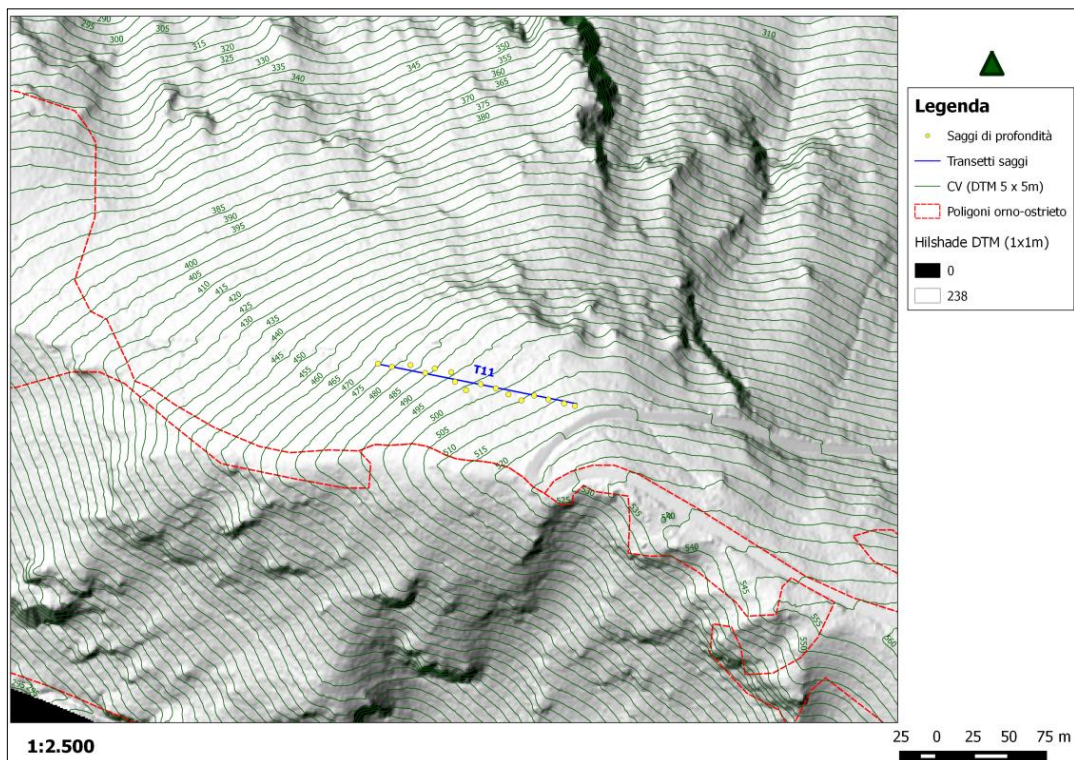




**Figura 36** - Inquadramento transetti saggi di profondità T9 e T10 eseguiti su orno-ostrieto

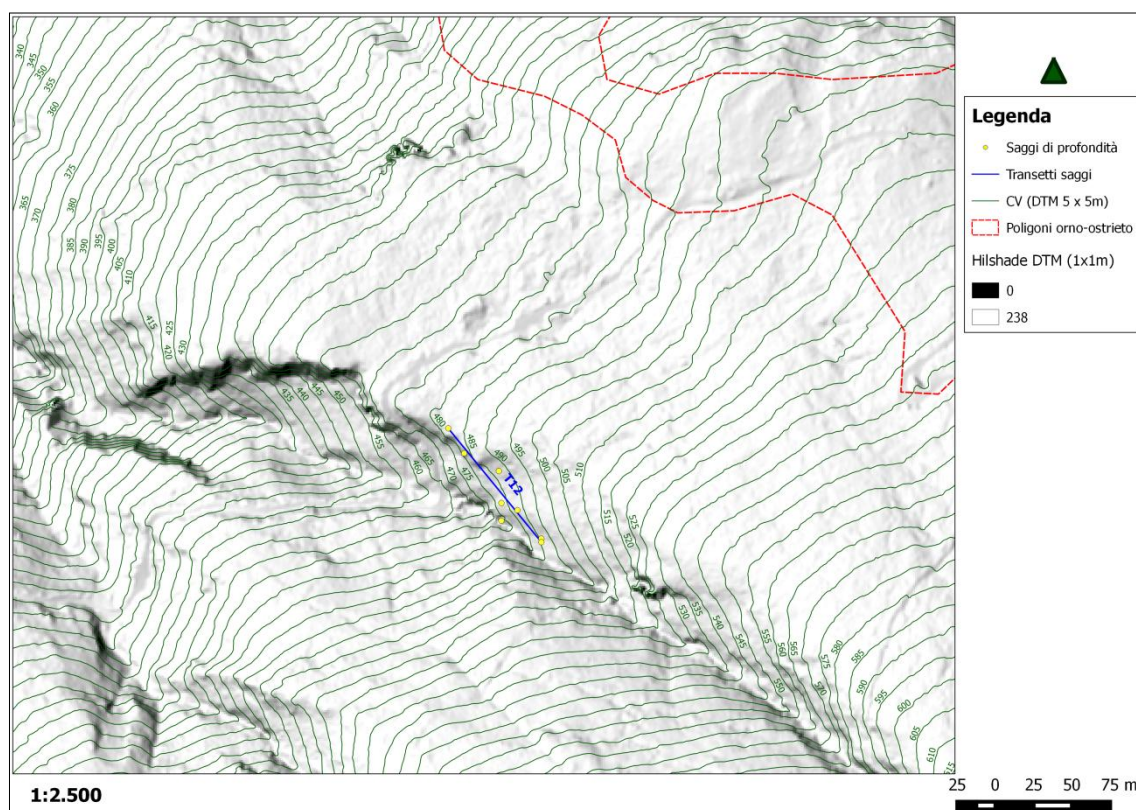


**Figura 37** - Inquadramento transetto saggi di profondità T11 eseguito su orno-ostrieto

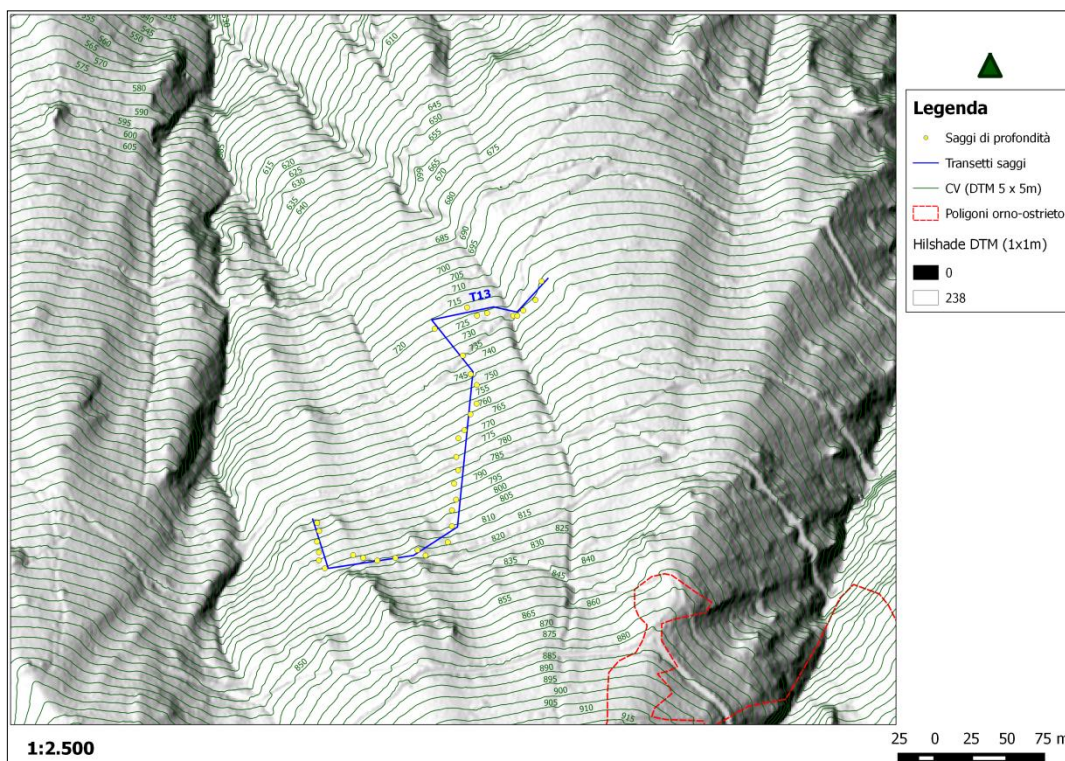




**Figura 38** - Inquadramento transetto saggi di profondità T12 eseguito su orno-ostrieto

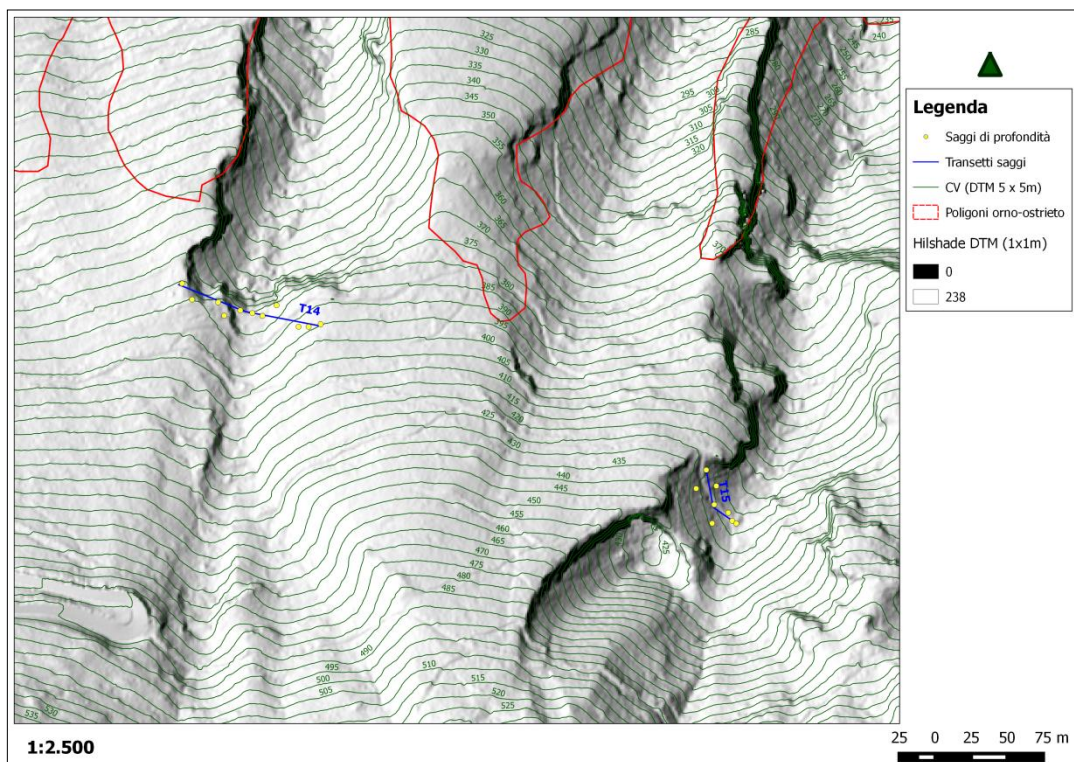


**Figura 39** - Inquadramento transetto saggi di profondità T13 eseguito su orno-ostrieto

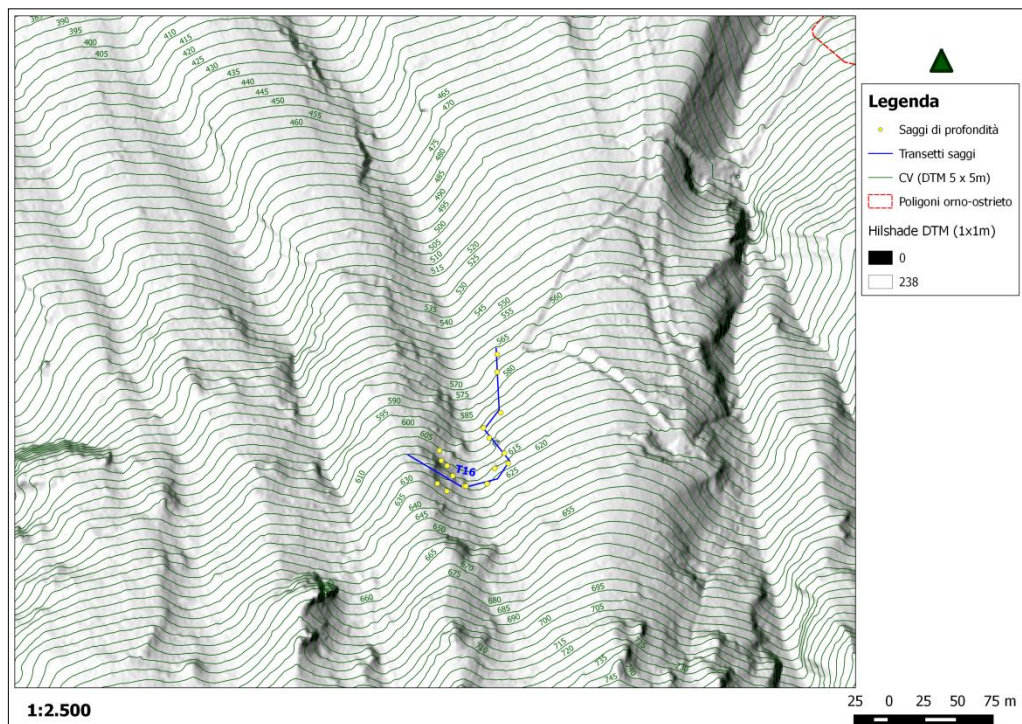




**Figura 40** - Inquadramento transetto saggi di profondità T14 e T15 eseguiti su orno-ostrieto



**Figura 41** - Inquadramento transetto saggi di profondità T16 eseguito su orno-ostrieto

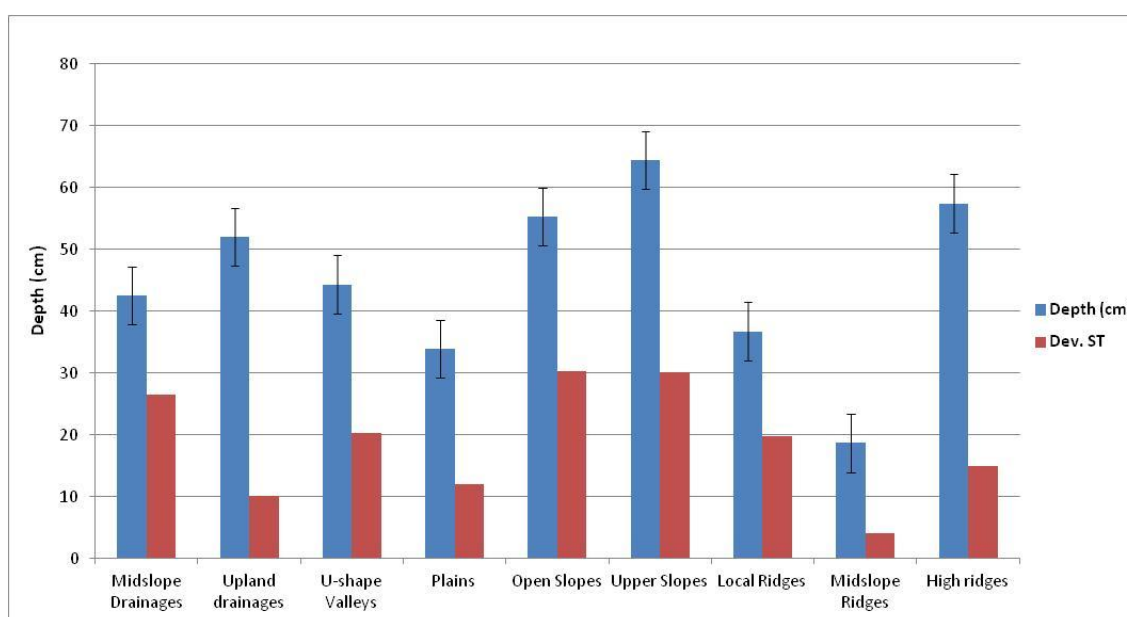


Le profondità dei suoli degli orno-ostrieti sono mediamente pari a circa 51,9 cm, con un' intervallo di variazione compreso tra 5 e 180 cm (Dev. ST = 27,59 cm). Nei nove ambienti geomorfologici esaminati, i suoli più profondi sono stati osservati lungo gli alti versanti (*Upper Slopes*), con una profondità mediamente pari a 64,38 cm (Dev. ST = 30,17 cm) e nei crinali superiori (*High ridges*), dove la profondità media è pari a 57,43 cm (Dev. ST = 14,98 cm). Invece, i suoli più sottili sono stati osservati lungo i Crinali secondari o inferiori (*Midslope Ridges*) con un valore medio di profondità del suolo pari a 18,70 cm (Dev. ST 4,0 cm) ed in zone di pianura (*Plains*), dove il valore medio si attesta a 33,86 cm (Dev. ST 12,01 cm). Si riportano i dati statistici relativi alla *soil depth* rilevata nelle varie forme di paesaggio degli orno-ostrieti, nella seguente tabella e nel seguente istogramma si mostra il suo andamento in base alla forma di paesaggio.

**Tabella 39** - Statistiche descrittive della *Soil Depth* rilevata nelle varie forme di paesaggio degli orno-ostrieti

Landforms	N° Osservazioni	Media Depth (cm)	Varianza Depth	Dev. ST Depth	Er. ST Depth	CV Depth
Midslope Drainages	21	42,57	702,36	26,50	5,78	62,25
Upland drainages	3	52,00	103	10,15	5,86	19,52
U-shape Valleys	12	44,33	414,79	20,37	2,88	45,94
Plains	7	33,86	144,14	12,01	4,54	35,46
Open Slopes	52	55,29	915,35	30,25	4,20	54,72
Upper Slopes	26	64,38	910,09	30,17	5,92	46,86
Local Ridges	4	36,75	392,25	19,81	9,90	53,89
Midslope Ridges	3	18,67	16,3	4,0	2,3	21,7
High ridges	14	57,43	224,42	14,98	4,00	26,09
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>51,94</b>	<b>761</b>	<b>27,59</b>	<b>2,32</b>	<b>53,13</b>

**Grafico 16** - Istogramma *Soil depth* ed ambienti geomorfologici degli orno-ostrieti, con barra delle profondità medie del suolo (blu), barre deviazione standard (rosso) e linee per l' Errore Standard (nero)





### 3.4.2 Descrizione dei suoli rappresentativi

Sugli orno-ostrieti è stato svolto solo il campionamento relativo alla profondità del suolo, per le motivazioni esposte nel capitolo materiali e metodi (vedi Cap. 3 - par. 4 e par. 9). Quindi, per la descrizione pedologica delle caratteristiche dei suoli su cui sono stati svolti tali saggi, si rimanda al Capitolo 2 di Inquadramento territoriale (vedi par. 6.1 e par. 6.2). In modo particolare alle unità pedologiche: Associazione dei suoli Camposauro e suoli Monte Rosa (Unità CPS0-MOR0), Associazione dei suoli Monte Rosa e suoli Sette Serre (Unità MOR0-SES0), Consociazione dei suoli Sette Serre (Unità SES0) ed alla Consociazione dei suoli Solopaca (Unità SOL0).

### 3.5 Parametri morfometrici che caratterizzano i paesaggi degli orno-ostrieti

Per descrivere i caratteri geomorfologici quantitativi (metriche delle forme del paesaggio), che caratterizzano i paesaggi su cui vegetano gli orno-ostrieti, come è stato effettuato per il faggio ed il castagno, verranno utilizzati tre indici numerici, ovvero la Curvatura in Piano, la Curvatura del Profilo ed il *Topographic position Index* (TPI), molto ben conosciuti nella letteratura scientifica, il cui significato è stato ampiamente esposto nel capitolo e nei paragrafi precedenti (vedi par. 1.5).

Qui di seguito si riportano i valori relativi alle curvature e al TPI, osservabili entro il perimetro della tipologia forestale esaminata e quelli che caratterizzano le 142 osservazioni del campionamento pedologico.

**Tabella 40** - Valori relativi alla Curvatura in Piano, Curvatura del Profilo e *Topographic Position Index*, dell'intera area su cui vegetano gli orno-ostrieti cedui

Statistica	Plan Curvature	Profile Curvature	TPI
Media	0,000	0,000	-0,079
Max	0,199	0,190	12,60
min	-0,236	-0,217	-20,227
Deviazione Standard	0,018	0,014	1,935

**Tabella 41** - Statistiche descrittive dei parametri morfometrici delle 142 osservazioni campionarie (saggi di profondità) eseguite sugli orno-ostrieti

Statistica	Profile Curvature	Plan Curvature	TPI
Media	-0,003	0,000	-0,254
Max	0,016	0,023	1,891
min	-0,039	-0,011	-3,492
Varianza	0,000	0,000	1,343
Deviazione Standard	0,011	0,005	1,159
Errore Standard	0,001	0,000	0,097

Quindi, alla luce dell' analisi dei tre parametri morfometrici ed in accordo con quanto esposto nel paragrafo 3.3, il popolamento in questione nel complesso ha riportato valori medi delle curvature e del TPI simili a quelli osservati per le faggete. Tale popolamento vegeta su versanti lineari leggermente concavi, caratterizzati anche dalla presenza di depressioni ed incisioni carsiche, ciò viene confermato anche dall' elaborazioni relative ai tre parametri morfometrici, riferiti alle osservazioni campionarie. Così, analizzando i valori minimi e massimi dei suddetti parametri morfometrici, gli orno-ostrieti rispetto alle due formazioni esaminate in precedenza, vegetano in stazioni caratterizzate da una morfologia più accidentata, ciò viene confermato dalla maggiore distanza in termini numerici tra i valori minimi e massimi del TPI, a testimonianza della presenza nell' area di studio occupata dagli orno-ostrieti di depressioni più profonde e di crinali siti sopra versanti ad elevata pendenza. Tali risultati vengono confermati anche dai valori delle pendenze dei versanti, che per tale tipologia forestale, risultano più elevati, rispetto a quelli riscontrati per il castagno ed il faggio.

Comparando i valori medi dei tre indici morfometrici, riferiti alle osservazioni campionarie eseguite sugli orno-ostrieti, rispetto a quelli rilevati su faggio e castagno, i valori medi di tali parametri morfometrici, sugli orno-ostrieti risultano leggermente meno negativi rispetto a quelli campionati sul faggio, ciò ci fa presumere che il campionamento su tale tipologia forestale, ha riguardato maggiormente i versanti ed i crinali (*Open slopes, Upper slopes & High Ridges*), secondariamente gli impluvi e le convessità (*Streams, Midslope Drainages & Upland Drainages*). Invece, rispetto al campionamento eseguito sul castagno, quello eseguito sugli orno-ostrieti, ha riguardato zone leggermente più concave; infatti, il campionamento sul castagno è stato eseguito soprattutto in zone vallive e di pianura, bassi e medi versanti (*U-shape Valleys, Plains & Open Slopes*) e ciò è dovuto anche alle condizioni orografiche ed alle forme di paesaggio che caratterizzano il popolamento di castagno esaminato (vedi par. 2.3).

Figura 42 - Indice topografico di posizione dell' area degli orno-ostrieti esaminata

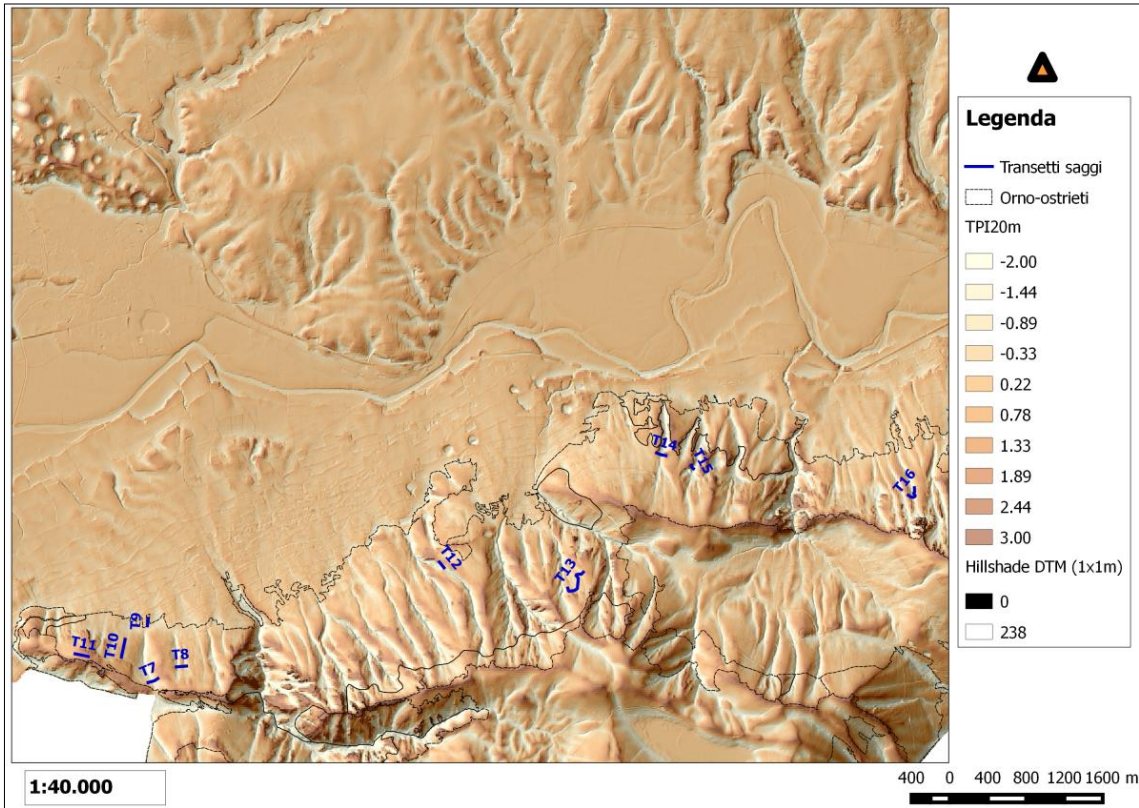
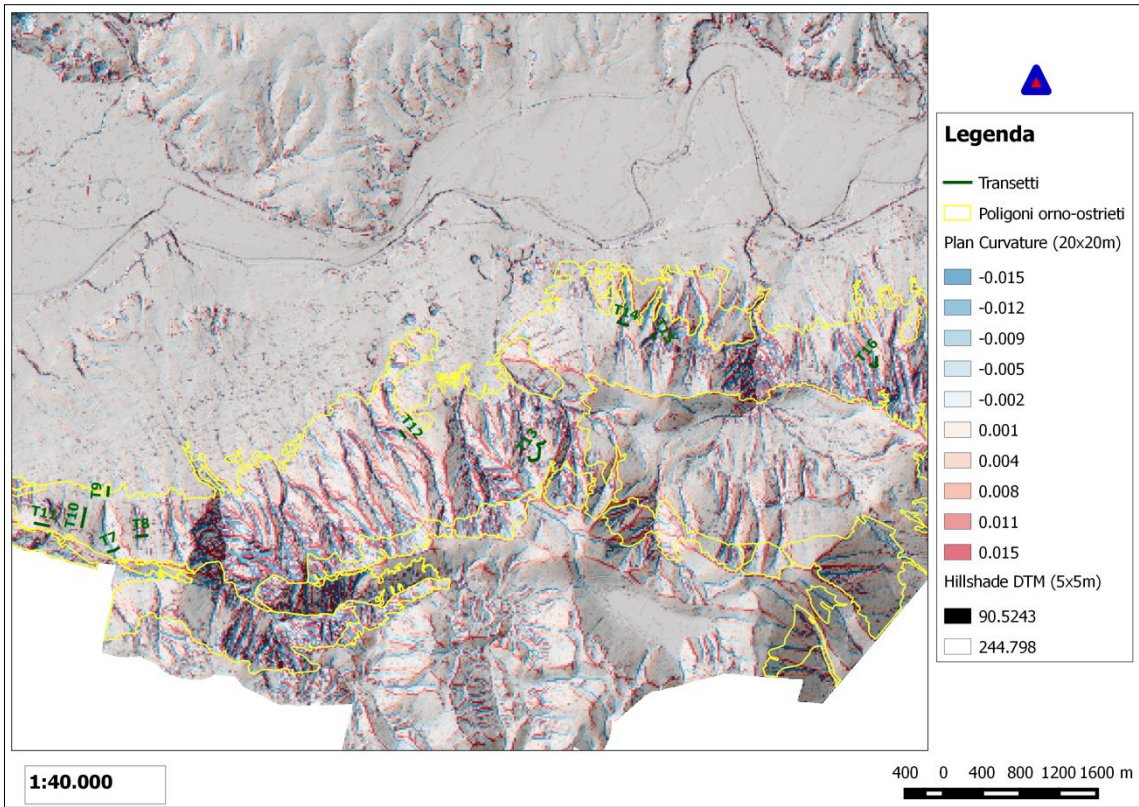
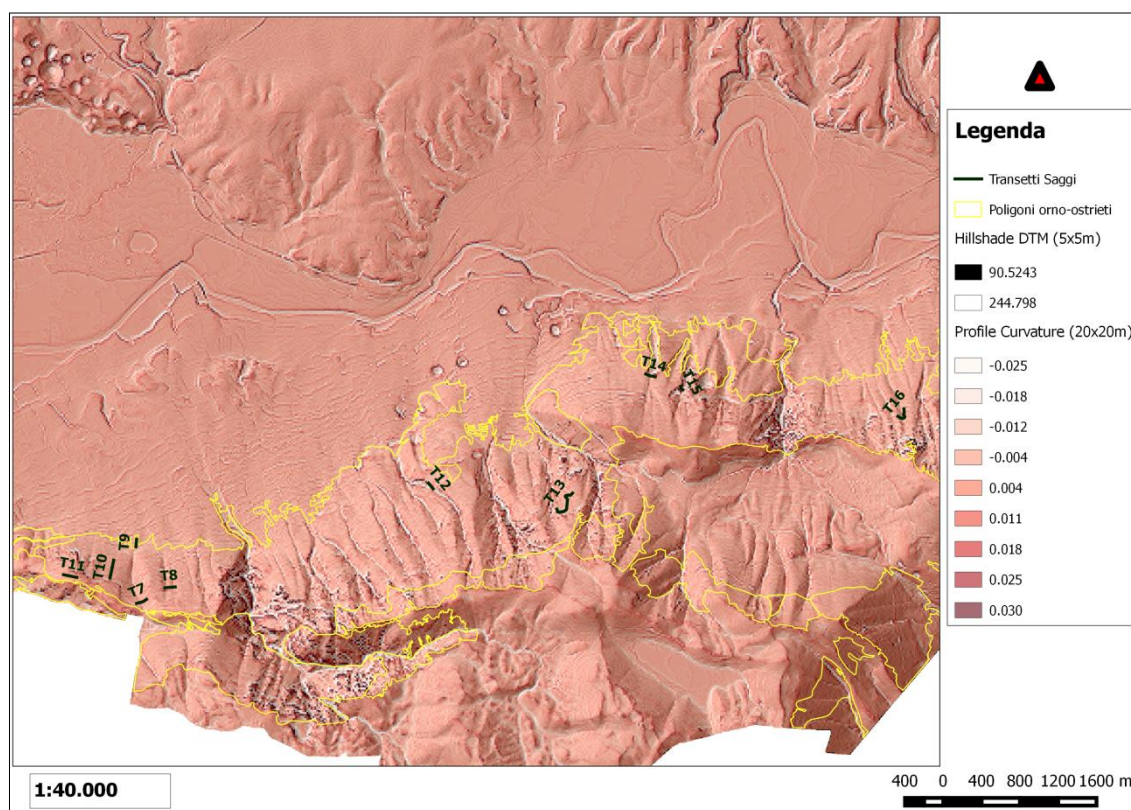


Figura 43 - Curvatura in piano dell' area ad orno-ostrieti esaminata





**Figura 44** - Curvatura del profilo dell' area ad orno-ostrieti esaminata



Secondo quanto già esposto nel capitolo precedente, per analizzare i fenomeni di versante legati alle caratteristiche topografiche dell' area di studio, sono stati esaminati due parametri, la *Catchment area* (CA) ed il *Topographic wetness index* (TWI). Ambedue i parametri hanno indirettamente un significato di potenziale interesse idrologico.

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori di CA e di TWI, osservabili entro il perimetro degli orno-ostrieti del Camposauro ed osservati con il campionamento pedologico.

**Tabella 42** - Valori relativi alla *Catchment area* ed al *Topographic Wetness Index* dell' intero sito su cui vegetano gli orno-ostrieto

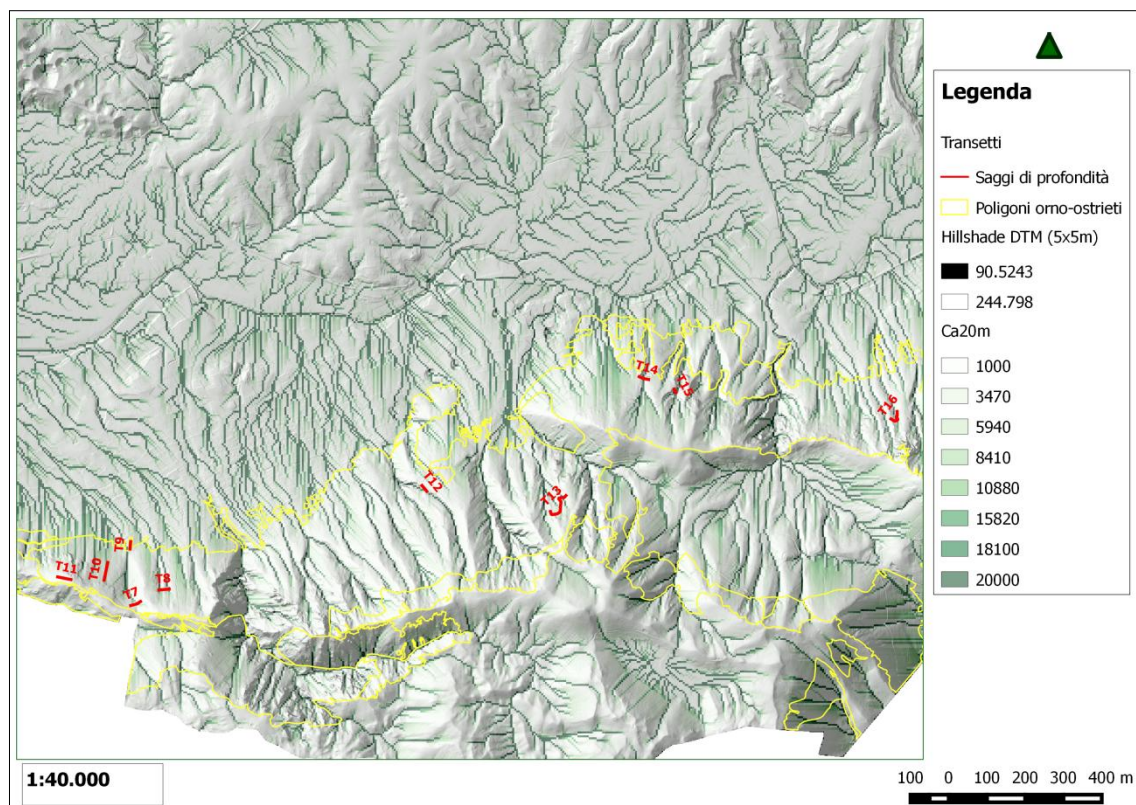
Statistica	Catchment area (m2)	TWI
Media	43774	8,126
Max	7842800	19,580
min	400	4,865
Deviazione Standard	433438	1,667

**Tabella 43** - Statistiche descrittive del *Topographic Wetness Index* e della *Catchment area* relative alle 142 osservazioni campionarie eseguite sugli orno-ostrieti

Statistica	Catchment area (m2)	TWI
Media	16901	8,395
Max	228712	12,727
min	400	6,440
Varianza	1716959920	1,776
Deviazione Standard	41436	1,333
Errore Standard	3477	0,112

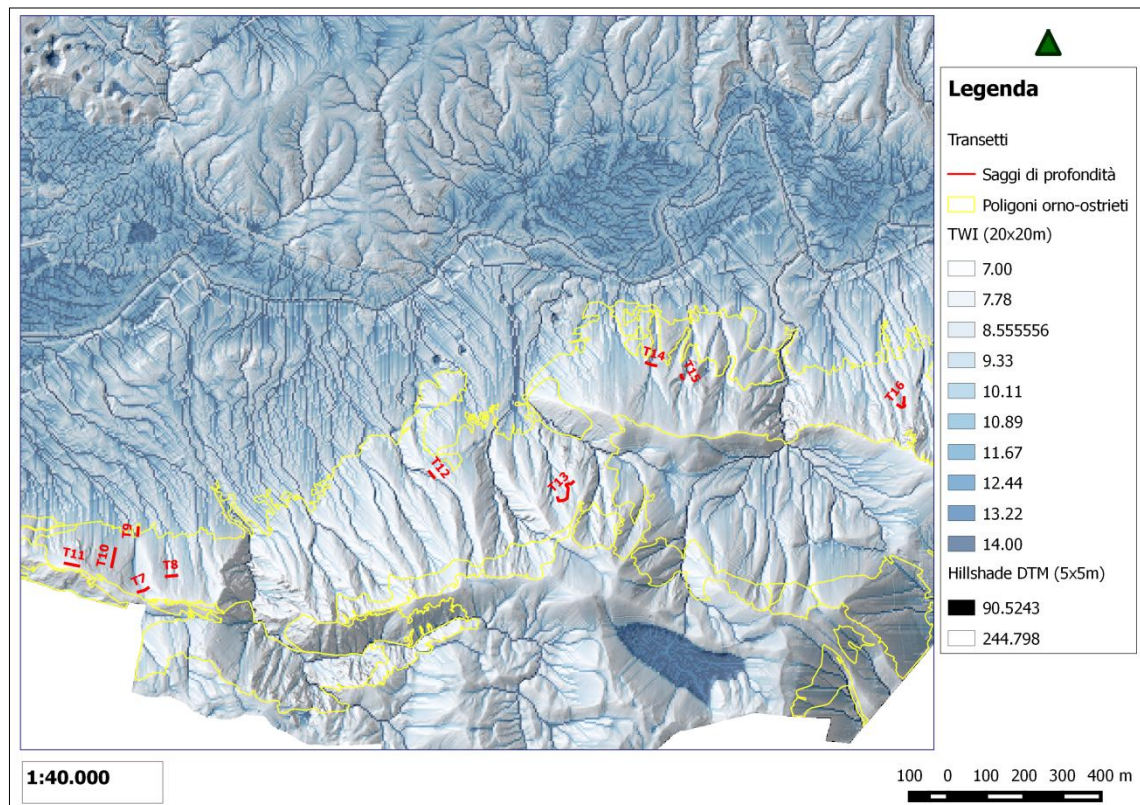
Dall' osservazione delle due tabelle si nota che i valori dei parametri nei punti del campionamento, rispecchiano e si avvicinano alle condizioni medie dell' area occupata dagli orno-ostrieti, soprattutto per quanto riguarda i valori medi del TWI.

**Figura 45** - *Catchment area* degli orno-ostrieti esaminati





**Figura 46 - *Topographic Wetness Index* degli orno-ostrieti esaminati**



## **CAPITOLO 5**

### **DISCUSSIONI**

## 1. Premessa: Regressioni lineari multiple

Il metodo del *Site Index* secondo quanto esposto nel Capitolo 1 (vedi par. 6), è il metodo più diffuso per stimare le variazioni della fertilità forestale, riferita ad una determinata specie e ad un determinato sito, espressa come la variazione di un parametro dendrometrico, che funge da metrica della fertilità forestale del popolamento esaminato. Tali variazioni delle metriche della fertilità forestale, sono dovute a variazioni dei *Site Factors* (es. clima, geologia, litologia, topografia, geomorfologia e suolo), che caratterizzano i siti dove vegeta la specie esaminata.

In questo lavoro è stata focalizzata l'attenzione sui *Site Factors* legati al suolo, alla litologia, alla geomorfologia, alle forme di paesaggio e di potenziale interesse idrologico, che caratterizzano gli orno-ostrieti, le faggete ed i castagneti del Camposauro. Per stabilire quanto ciascun *Site Factor* influenzasse i valori dei *Site Indices* selezionati e per comprendere quali di questi *Site Factors* fosse a tal proposito significativo, come vuole la procedura di tale metodo, sono state implementate delle regressioni lineari multiple e le relative statistiche per valutare l'affidabilità del modello regressivo (vedi Cap. 3 - par. 12)

I due *Site Indices* esaminati rappresentano le variabili dipendenti delle regressioni multiple, ovvero il volume ( $V_d$ ), le altezze dendrometriche ( $H_d$ ) stimate dal Lidar. Inoltre, tramite le regressioni lineari multiple ed utilizzando i suddetti *Site Factors*, compreso il parametro dendrometrico meglio correlato e significativo, è stata stimata la profondità del suolo. A seconda dell'obiettivo di ciascuna regressione multipla (Es. stima del *Site Index* o stima della profondità del suolo),  $V_d$ ,  $H_d$  e *depth*, fungevano da variabili dipendenti o indipendenti.

Nelle regressioni multiple sono state selezionate ed inserite come variabili indipendenti i parametri quantitativi, i cui valori erano disponibili per ciascuna delle 332 osservazioni campionarie (trivellate e saggi di profondità); ovvero: l'altitudine (*Height*), pendenza (*Slope*), esposizione (*Asp*), *Catchment Area* (CA), *Topographic Position Index* (TPI), *Topographic Wetness Index* (TWI), Curvatura in Piano (Plan\_Cur) e Curvatura del Profilo (Prof\_Cur).

Per le analisi statistiche il campione è stato stratificato in base alla tipologia forestale. Complessivamente sono state implementate 9 regressioni multiple ovvero tre per ciascuna tipologia forestale, una per il  $V_d$  una  $H_d$  ed una per la *depth*.

In questo capitolo si riportano solo le discussioni dei risultati dei modelli regressivi relativi all' $H_d$  delle faggete e dei cedui di castagno ed al  $V_d$  degli orno-ostrieti cedui, che rappresentano il *Site Index* delle tre tipologie forestali esaminate, la cui regressione multipla ha riportato l'

*adjusted r*<sup>2</sup> più alto. Inoltre, si riportano, solo le discussioni e le variabili descrittive, relative alle variazioni di tali *Site Indices* in funzione dei parametri qualitativi: forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica. Per i risultati delle regressioni multiple relative al *V<sub>d</sub>* del faggio e del castagno e all' *H<sub>d</sub>* degli orno-ostrieti e alle variazioni di tali *Site Indices* in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica, si rimanda ai BOX 1, BOX 2 e BOX 3, allegati alla tesi in questione.

Pertanto, nelle regressioni multiple che avevano la *depth* come variabile dipendente, è stata inserita *H<sub>d</sub>* tra le covariate, per quanto riguarda il faggio ed il castagno e *V<sub>d</sub>* per gli orno-ostrieti, ovvero la covariata dendrometrica che spiegava meglio la variabilità complessiva della regressione.

## **2. Analisi dei fattori pedologici, topografici e morfometrici rilevati su faggio**

### **2.1. Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica del Faggio**

Per l' analisi delle altezze dendrometriche del faggio, il modello regressivo in cui tutte le variabili indipendenti sono significative, è stato ottenuto eliminando 2 covariate: Height e Slope, al terzo step della *backward deletion* (vedi Cap. 3 - par. 12), così la regressione multipla del modello 3, conterrà solo le seguenti variabili significative: la Profondità del Suolo, la Curvatura in Piano, la Curvatura del profilo, la *Catchment Area*, il TPI, l' Esposizione ed il TWI (Tabella 1).

La regressione complessivamente ha riportato un *r*<sup>2</sup> corretto elevato, pari a 0,658 e la Deviazione standard che misura l' errore della stima risulta pari a 2,409 (modello 3 - Tabella 1). Secondo l' analisi della varianza eseguita con test Anova, la regressione risulta molto significativa, la devianza (somma dei quadrati degli scarti dalla media), la varianza (media degli scarti al quadrato tra i dati e la media dei dati stessi) e l' F di Fisher, spiegati dalla regressione, sono superiori a quelli del residuo (modello 3 - Tabella 2).

**Tabella 1** - Adattamento del modello

Riepilogo del modello <sup>d</sup>				
Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,830 <sup>a</sup>	,689	,652	2,430331180
2	,830 <sup>b</sup>	,689	,656	2,416227965
3	,829 <sup>c</sup>	,687	,658	2,408521309

a. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Heigt, Plan\_Cur, TWI, Slope, TPI, CA

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Heigt, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

c. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

d. Variabile dipendente: Hd

**Tabella 2** - Analisi della Varianza delle regressioni multiple con variabile dipendente Hd delle Faggete

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	983,354	9	109,262	18,499	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	442,988	75	5,907		
	Totale	1426,342	84			
2	Regressione	982,642	8	122,830	21,039	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	443,700	76	5,838		
	Totale	1426,342	84			
3	Regressione	979,667	7	139,952	24,126	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	446,675	77	5,801		
	Totale	1426,342	84			

a. Variabile dipendente: Hd

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Heigt, Plan\_Cur, TWI, Slope, TPI, CA

c. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Heigt, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

d. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

La *depth* è risultata come la covariata più correlata con l'  $H_d$ , ovvero quella che ha riportato l'  $r$  di *Pearson* più elevato risultato pari a 0,634 ed in secondo luogo il TPI con un  $r$  pari a -0,388 ed il TWI con  $r = -0,354$  (Tabella 3). Invece, le covariate più significative della regressione nel suo complesso, ovvero quelle che hanno riportato una  $Sig. < 0,01$  sono risultate il TPI ( $Sig. < 0,000$ ), la CA ( $Sig. = 0,004$ ) e la *depth* ( $Sig. = 0,005$ ). Per avere una visione d'insieme più dettagliata si rimanda alla visione della tabella 4 (vedi colonna Sig. - modello 3)

Quindi, è stata ottenuta l'equazione della regressione multipla tra l'  $H_d$  del faggio ed i diversi *Site factors* legati al suolo, alla topografia ed alla geomorfologia (Eq. 1), tutti significativi ( $Sig. \leq 0,05$ ). La costante dell'equazione nel complesso è molto significativa ( $Sig. < 0,000$ ), inserendo i coefficienti delle variabili indipendenti significative e non standardizzati (colonna B) riportati al modello 3 (Tabella 4), avremmo la seguente equazione :

**(Eq. 1)**  $H_d = 12,885 + 0,018 (\text{depth}) - 0,007 (\text{Asp}) - 3,974 \times 10^{-6} (\text{CA}) - 1,664 (\text{TPI}) + 0,459 (\text{TWI}) - 178,959 (\text{Plan\_Cur}) + 89,409 (\text{Prof\_CUR})$



**Tabella 3** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

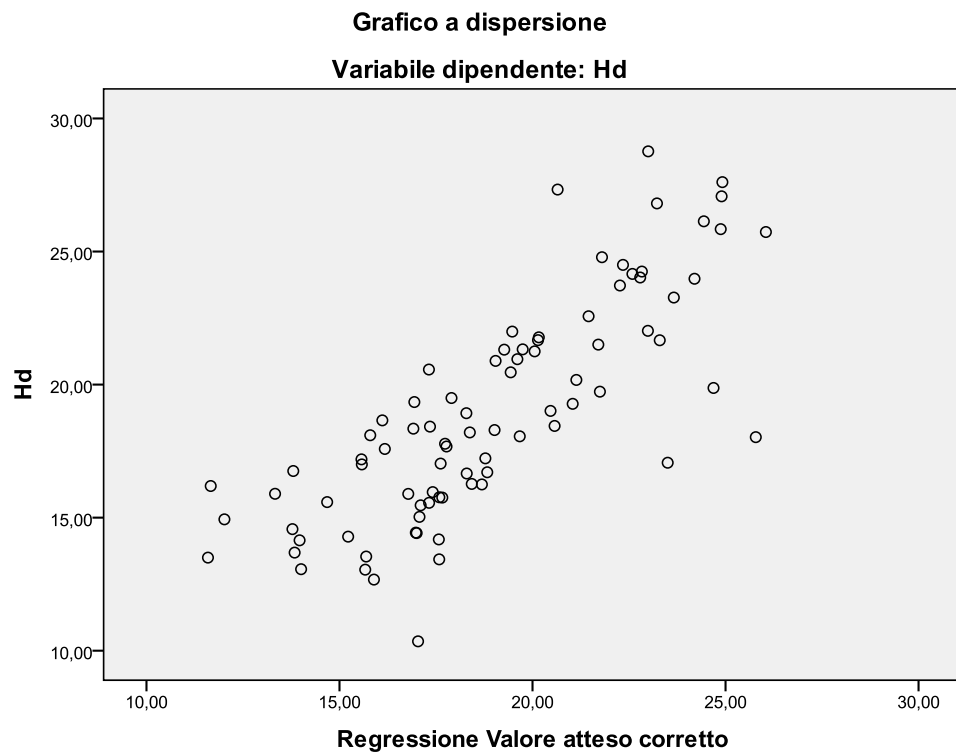
Correlazioni											
		Hd	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur
Correlazione di Pearson	Hd	1,000	,634	-,201	-,251	-,100	-,261	,354	-,388	-,348	,088
	depth	,634	1,000	,038	-,595	,134	-,391	,195	-,110	-,250	,164
	Heigt	-,201	,038	1,000	-,364	,131	-,609	-,649	,731	,300	,532
	Slope	-,251	-,595	-,364	1,000	-,460	,440	-,001	-,258	-,041	-,296
	Asp	-,100	,134	,131	-,460	1,000	-,190	-,106	,245	,021	,214
	CA	-,261	-,391	-,609	,440	-,190	1,000	,578	-,609	-,224	-,791
	TWI	,354	,195	-,649	-,001	-,106	,578	1,000	-,722	-,368	-,520
	TPI	-,388	-,110	,731	-,258	,245	-,609	-,722	1,000	,443	,601
	Plan_Cur	-,348	-,250	,300	-,041	,021	-,224	-,368	,443	1,000	,599
	Prof_Cur	,088	,164	,532	-,296	,214	-,791	-,520	,601	,599	1,000
Sig. (1 coda)	Hd	.	,000	,033	,010	,182	,008	,000	,000	,001	,211
	depth	,000	.	,364	,000	,110	,000	,037	,158	,010	,067
	Heigt	,033	,364	.	,000	,116	,000	,000	,000	,003	,000
	Slope	,010	,000	,000	.	,000	,000	,495	,009	,354	,003
	Asp	,182	,110	,116	,000	.	,041	,167	,012	,424	,025
	CA	,008	,000	,000	,000	,041	.	,000	,000	,020	,000
	TWI	,000	,037	,000	,495	,167	,000	.	,000	,000	,000
	TPI	,000	,158	,000	,009	,012	,000	,000	.	,000	,000
	Plan_Cur	,001	,010	,003	,354	,424	,020	,000	,000	.	,000
	Prof_Cur	,211	,067	,000	,003	,025	,000	,000	,000	,000	.
N	Hd	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	depth	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Heigt	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Slope	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Asp	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	CA	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	TWI	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	TPI	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Plan_Cur	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Prof_Cur	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

**Tabella 4** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (3) è stato utilizzato per l' Equazione 1.

Coefficienti <sup>a</sup>									
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1 (Costante)	19,052	8,121		2,346	,022	2,874	35,230		
depth	,017	,007	,247	2,379	,020	,003	,032	,385	2,595
Heigt	-,004	,005	-,086	-,788	,433	-,015	,006	,347	2,880
Slope	-,011	,031	-,038	-,347	,729	-,072	,051	,339	2,953
Asp	-,008	,004	-,150	-,1872	,065	-,016	,000	,646	1,548
CA	-3,965E-006	,000	-,466	-2,824	,006	,000	,000	,152	6,565
TWI	,407	,196	,242	2,083	,041	,018	,797	,308	3,247
TPI	-1,552	,422	-,442	-3,674	,000	-2,393	-,710	,286	3,492
Plan_Cur	-187,376	79,060	-,251	-2,370	,020	-344,871	-29,881	,369	2,711
Prof_Cur	93,592	51,159	,288	1,829	,071	-8,323	195,506	,168	5,968
2 (Costante)	17,345	6,426		2,699	,009	4,547	30,142		
depth	,019	,006	,264	2,957	,004	,006	,031	,511	1,955
Heigt	-,003	,005	-,072	-,714	,478	-,013	,006	,401	2,493
Asp	-,007	,004	-,136	-1,978	,052	-,014	,000	,868	1,153
CA	-4,070E-006	,000	-,478	-2,985	,004	,000	,000	,160	6,263
TWI	,432	,181	,256	2,379	,020	,070	,793	,353	2,830
TPI	-1,535	,417	-,437	-3,680	,000	-2,366	-,704	,290	3,450
Plan_Cur	-180,060	75,756	-,241	-2,377	,020	-330,941	-29,178	,397	2,519
Prof_Cur	89,426	49,443	,275	1,809	,074	-9,049	187,901	,177	5,640
3 (Costante)	12,885	1,499		8,595	,000	9,900	15,870		
depth	,018	,006	,259	2,914	,005	,006	,031	,516	1,940
Asp	-,007	,003	-,132	-1,931	,050	-,014	,000	,874	1,145
CA	-3,974E-006	,000	-,467	-2,938	,004	,000	,000	,161	6,202
TWI	,459	,177	,272	2,592	,011	,106	,811	,369	2,707
TPI	-1,664	,375	-,474	-4,433	,000	-2,411	-,916	,356	2,810
Plan_Cur	-178,959	75,499	-,240	-2,370	,020	-329,296	-28,621	,397	2,518
Prof_Cur	89,409	49,286	,275	1,814	,050	-8,732	187,549	,177	5,640

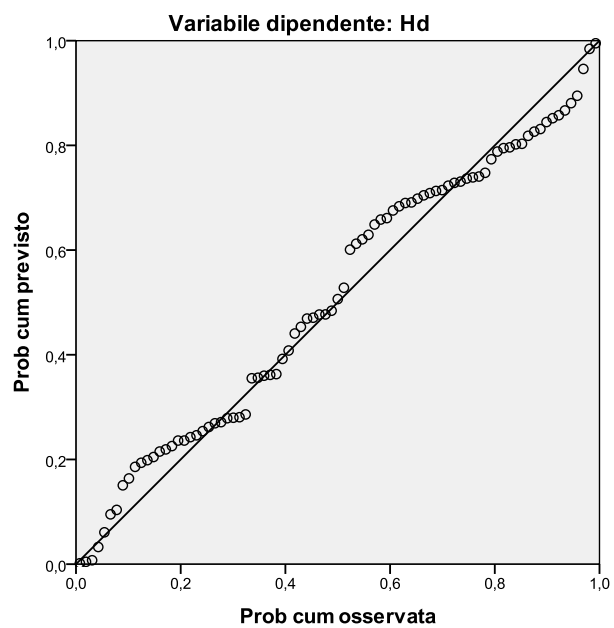
a. Variabile dipendente: Hd

**Grafico 1-** Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti delle altezze del faggio

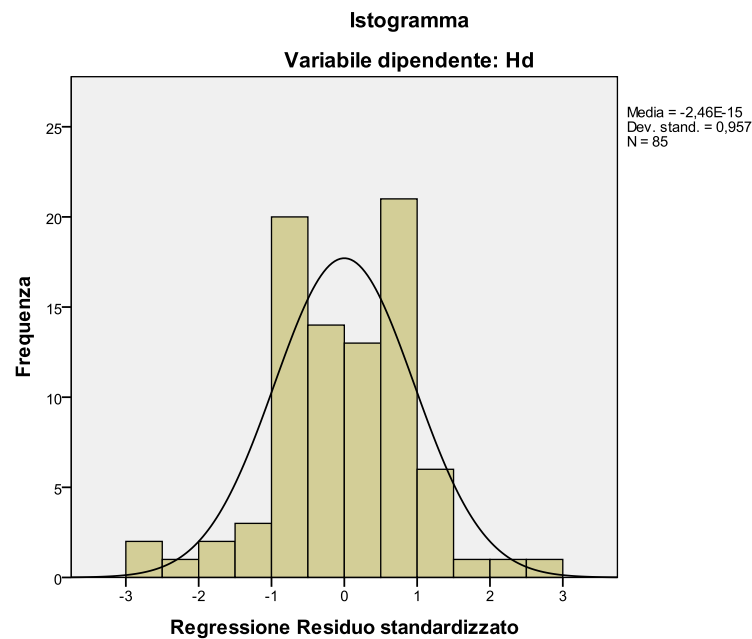


**Grafico 2 -** Grafico di probabilità normale delle altezze del faggio

**Grafico di normalità P-P di regressione Residuo standardizzato**



**Grafico 3** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo alle altezze del faggio



### 2.1.1 Relazioni tra forme di paesaggio ed Altezze dendrometriche

Dalla divisione delle osservazioni del campionamento per ambienti geomorfologici, utilizzando la classificazione delle *Landforms TPI based* proposta da SAGA, secondo quanto esposto nel Capitolo Materiali e Metodi:

Lanforms Value	Inglese	Italiano
0	Streams	Impluvi profondi e Canyon
1	Midslope Drainages	Vallecole ed impluvi poco profondi
2	Upland drainages	Siti superiori di drenaggio montano
3	U-shape Valleys	Piè versante e Valli a forma di U
4	Plains	Pianure e Pianori
5	Open Slopes	Medio Versante
6	Upper Slopes	Alto Versante
7	Local Ridges	Convessità e Crinali isolati in pianure e pianori
8	Midslope Ridges	Convessità e Crinali inferiori
9	High ridges	Crinali

I valori medi più elevati delle altezze sono stati rilevati all' interno degli impluvi profondi: *Streams* pari a 26,87 m (Dev. ST 1,04 m) e nelle zone vallive di piè versante: *U-Shape Valleys*, pari a 24,95 m (Dev. ST 3,46 m). Invece, i valori inferiori sono stati osservati mediamente, sui

crinali principali: *High ridges* 13,45 m (Dev. ST 1,91 m) e sulle convessità e crinali secondari: *Local Ridges* 15,79 m (Dev. ST 1,89 m).

Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alle altezze dendrometriche, ripartite per forma di paesaggio.

**Tabella 5** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche rilevate nelle varie forme di paesaggio delle fustaie di faggio

Landforms	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Streams	2	2,35%	26,87	1,08	1,04	0,74	3,87
Midslope Drainages	24	28,24%	18,73	16,67	4,08	0,83	21,80
Upland drainages	8	9,41%	22,48	9,33	3,06	1,08	13,59
U-shape Valleys	3	3,53%	24,95	11,96	3,46	2,00	13,87
Plains	4	4,71%	24,04	13,12	3,62	1,81	15,07
Open Slopes	18	21,18%	18,55	6,53	2,56	0,60	13,77
Upper Slopes	15	17,65%	17,70	3,89	1,97	0,51	11,15
Local Ridges	4	4,71%	15,79	3,56	1,89	0,94	11,95
High ridges	7	8,24%	13,45	3,63	1,91	0,72	14,17
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>18,95</b>	<b>16,98</b>	<b>4,12</b>	<b>0,45</b>	<b>21,74</b>

### 2.1.2 Relazioni tra Esposizione ed Altezze dendrometriche

Dalla divisione delle osservazioni del campionamento per classi di esposizione, secondo quanto esposto nel Capitolo Materiali e Metodi:

Classe Esposizione	Intervalli (°)
<b>Nord</b>	(337,6 - 22,5)
<b>Nord-Est</b>	(22,6 - 67,5)
<b>Est</b>	(67,6 - 112,5)
<b>Sud-Est</b>	(112,6 - 157,5)
<b>Sud</b>	(157,6 - 202,5)
<b>Sud-Ovest</b>	(206,6 - 247,5)
<b>Ovest</b>	(247,6 - 292,5)
<b>Nord-Ovest</b>	(292,6 - 337,5)

E' emerso che le faggete dell' area in questione non risentono eccessivamente dell' effetto del fattore esposizione, però sono state riscontrate apprezzabili differenze tra le altezze massime, rilevate in siti con esposizione NORD-EST mediantemente pari a 19,59 m (Dev. ST 4,47 m) e quelle minime osservate in siti esposti a SUD-EST, mediantemente pari a 15,54 m (Dev. ST 3,00 m).

**Tabella 6** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche divise per classi di esposizione, rilevate su fustaie di faggio

Classi	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Hd (m)	Varianza Hd	Dev. ST Hd	Er. ST Hd	CV Hd
EST	10	11,76%	18,47	16,47	4,06	1,28	21,97
NORD	6	7,06%	18,02	4,01	2,00	0,82	11,11
NORD-EST	55	64,71%	19,59	20,00	4,47	0,60	22,83
OVEST	7	8,24%	18,26	9,40	3,07	1,16	16,79
SOD-OVEST	3	3,53%	16,89	1,15	1,07	0,62	6,34
SUD-EST	4	4,71%	15,54	9,01	3,00	1,50	19,31
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>18,95</b>	<b>16,98</b>	<b>4,12</b>	<b>0,45</b>	<b>21,74</b>

### 2.1.3 Relazioni tra Litologia, Suoli ed Altezze dendrometriche

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008) le faggete dell' area di studio ricadono in un'unica tipologia geolitologica, il Calcari compatti duri (vedi Capitolo 4). Pertanto non è stato possibile effettuare un' analisi statistica, che mettesse in relazione le tre variabili dipendenti con il tipo di litologia dell' area esaminata.

Il campionamento svolto sulle faggete in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), rientrano nei sotto gruppi ed associazioni di suoli: *Typic Hapludands*, *Typic Melanudands*, l' associazione tra *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* (*Soil Taxonomy*, 1998).

Di contro sono state riscontrate differenze abbastanza apprezzabili, tra le altezze massime rilevate sui *Typic Hapludands* mediamente pari a 19,15 m (Dev. ST 4,13 m) e quelle minime osservate sui *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands*, mediamente pari a 14,24 m (Dev. ST 1,54 m).

Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alle altezze dendrometriche ripartite per tipologia di suolo.

**Tabella 7** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche divise per Tipo di suolo, rilevate su fustaie di faggio

Suoli	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Hd (m)	Varianza Hd	Dev. ST Hd	Er. ST Hd	CV Hd
Typic Hapludands	80	94,12%	19,15	17,07	4,13	0,46	21,57
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	3	3,53%	14,24	2,38	1,54	0,89	12,16
Typic Melanudands	2	2,35%	18,04	1,89	1,38	0,97	7,63
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>18,95</b>	<b>16,98</b>	<b>4,12</b>	<b>0,45</b>	<b>21,74</b>



## 2.2 Discussione in merito alle variazioni di fertilità delle faggete

I risultati delle analisi statistiche riguardanti le variazioni delle altezze dendrometriche ( $H_d$ ) delle faggete del Camposauro, mostrano che il *Site Index* risulta correlato positivamente ed in modo significativo, con la profondità del suolo, il TWI, la curvatura del profilo e negativamente con il TPI, la *Catchment area* e con la Curvatura in piano.

Quindi, possiamo sostenere che le faggete più fertili nell' area di studio, si rinvergono in zone vallive di basso versante, pianori carsici ed impluvi con suoli profondi e poco erosi (come i *Typic Hapludands*), che presentano esposizioni fresche e poco soleggiate a NORD-EST.

Il fatto che il TPI e la curvatura in piano siano correlati negativamente con  $H_d$ , ciò conferma la stretta relazione con la geomorfologia; infatti, le forme di paesaggio preferite dal faggio sono poste a quote inferiori e si presentano concave rispetto ai crinali ed alle convessità locali, che presentano suoli più sottili e più erosi, non preferiti dal faggio.

Il fatto che i valori di *catchment area* siano correlati negativamente con i valori di  $H_d$  e *depth*, fa presumere, che nell' area in questione i suoli più sottili si vanno a localizzare nelle zone di impluvio più erose (*depth* vs *Ca*;  $r = -0,391$ ) e di conseguenza anche le altezze risultano decrescenti.

Invece, la correlazione positiva tra l'  $H_d$  ed il TWI, testimonia una correlazione positiva tra i siti dove si potrebbe osservare un accumulo potenziale di flussi idrici, ma anche di sedimenti solidi erosi (es. suolo eroso). Tale tesi sembrerebbe confermata e potrebbe essere una conseguenza dovuta alla correlazione positiva tra la *depth* ed il TWI ( $r = 0,195$ ). Quindi, le altezze del faggio sono correlate positivamente con il TWI, perché in tali zone, il flusso idrico e di materiali erosi potenzialmente osservabili, crea potenzialmente suoli più umidi, profondi e freschi preferiti dal faggio. Inoltre, per il faggio, durante la stagione secca, che in ambiente mediterraneo coincide con il periodo vegetativo, risulta molto importante la riserva idrica dei suoli profondi (vedi Cap. 1 - par. 1.1).

## 2.3. Regressioni lineari multiple relative alla profondità del suolo delle faggete

Anche per la profondità del suolo sono state prodotte delle regressioni lineari multiple, impostando *depth* come variabile dipendente ed inserendo a turno tra le covariate il volume o l' altezza dendrometrica. Quindi, come effettuato per le regressioni multiple per la stima dell'  $H_d$ , sono state inserite le altre 8 covariate. Per quanto concerne la regressione in cui è stato inserito il  $V_d$  tra le variabili indipendenti, il modello in cui tutte le covariate risultavano

significative conteneva solo il  $V_d$  stesso e la slope, tale regressione ha riportato un  $r^2$  corretto, abbastanza elevato pari a 0,601 (vedi modello 8 - Tabella 8).

**Tabella 8** - Adattamento del modello, con  $V_d$  tra le variabili indipendenti

**Riepilogo del modello<sup>i</sup>**

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,803 <sup>a</sup>	,646	,603	37,004
2	,803 <sup>b</sup>	,646	,608	36,759
3	,802 <sup>c</sup>	,644	,611	36,613
4	,801 <sup>d</sup>	,641	,614	36,509
5	,798 <sup>e</sup>	,637	,614	36,485
6	,792 <sup>f</sup>	,627	,608	36,766
7	,784 <sup>g</sup>	,614	,600	37,152
8	,781 <sup>h</sup>	,610	,601	37,103

- a. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Asp, Heigt, Plan\_Cur, Slope, TWI, Prof\_Cur, TPI, CA  
b. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Asp, Heigt, Plan\_Cur, Slope, TWI, TPI, CA  
c. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Asp, Heigt, Plan\_Cur, Slope, TPI, CA  
d. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Heigt, Plan\_Cur, Slope, TPI, CA  
e. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Plan\_Cur, Slope, TPI, CA  
f. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Slope, TPI, CA  
g. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Slope, TPI  
h. Predittori: (Costante),  $V_d$ , Slope  
i. Variabile dipendente: depth

Invece, per quanto riguarda la regressione con  $H_d$  variabile dipendente, in cui tutte le covariate risultavano significative, conteneva:  $H_d$ , slope, TPI, CA e l'  $r^2$  corretto risulta abbastanza elevato, pari a 0,604 (modello 6 - Tabella 9). Quindi, è stata scelta  $H_d$ , come covariata dendrometrica, per la regressione che spiegasse la profondità dei suoli delle faggete. Tale regressione risulta molto significativa, la devianza, la varianza e l' F di Fisher, spiegati dalla regressione, sono superiori a quelli del residuo (modello 6 - Tabella 10).

**Tabella 9** - Adattamento del modello con  $H_d$  tra le variabili indipendenti

**Riepilogo del modello<sup>g</sup>**

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,801 <sup>a</sup>	,642	,599	37,205
2	,801 <sup>b</sup>	,642	,604	36,961
3	,800 <sup>c</sup>	,640	,607	36,808
4	,798 <sup>d</sup>	,636	,608	36,749
5	,796 <sup>e</sup>	,634	,611	36,651
6	,789 <sup>f</sup>	,623	,604	36,966

- a. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Prof\_Cur, Asp, Slope, TWI, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA  
b. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Asp, Slope, TWI, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA  
c. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Asp, Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA  
d. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA  
e. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Slope, Plan\_Cur, TPI, CA  
f. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Slope, TPI, CA  
g. Variabile dipendente: depth

**Tabella 10** - Analisi della Varianza delle regressione multiple con variabile dipendente *soil "depth"* delle Faggete

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	185910,996	9	20656,777	14,923	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	103815,592	75	1384,208		
	Totale	289726,588	84			
2	Regressione	185902,436	8	23237,805	17,010	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	103824,152	76	1366,107		
	Totale	289726,588	84			
3	Regressione	185404,432	7	26486,347	19,550	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	104322,156	77	1354,833		
	Totale	289726,588	84			
4	Regressione	184386,526	6	30731,088	22,755	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	105340,062	78	1350,514		
	Totale	289726,588	84			
5	Regressione	183608,918	5	36721,784	27,338	,000 <sup>f</sup>
	Residuo	106117,670	79	1343,262		
	Totale	289726,588	84			
6	Regressione	180407,150	4	45101,788	33,006	,000 <sup>g</sup>
	Residuo	109319,438	80	1366,493		
	Totale	289726,588	84			

a. Variabile dipendente: depth

b. Predittori: (Costante), Hd, Prof\_Cur, Asp, Slope, TWI, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA

c. Predittori: (Costante), Hd, Asp, Slope, TWI, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA

d. Predittori: (Costante), Hd, Asp, Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA

e. Predittori: (Costante), Hd, Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI, CA

f. Predittori: (Costante), Hd, Slope, Plan\_Cur, TPI, CA

g. Predittori: (Costante), Hd, Slope, TPI, CA

L'  $H_d$  è risultata la covariata più correlata con la depth, con l'  $r$  di *Pearson* di tale correlazione bivariata pari a 0,634 ed in secondo luogo abbiamo la slope con  $r = -0,595$ . L'  $H_d$  e la slope sono risultate anche le coovariate più significative della regressione nel suo complesso, ovvero quelle che hanno riportato una  $Sig. \leq 0,01$ , in particolare *slope* ha riportato una  $Sig. < 0,000$  ed  $H_d$  una  $Sig. = 0,01$ . Per avere una visione d' insieme più dettagliata si rimanda alla visione della tabella 12 (vedi colonna Sig. - modello 6).

**Tabella 11** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni											
		depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur	Hd
Correlazione di Pearson	depth	1,000	,038	-,595	,134	-,391	,195	-,110	-,250	,164	,634
	Heigt	,038	1,000	-,364	,131	-,609	-,649	,731	,300	,532	-,201
	Slope	-,595	-,364	1,000	-,460	,440	-,001	-,258	-,041	-,296	-,251
	Asp	,134	,131	-,460	1,000	-,190	-,106	,245	,021	,214	-,100
	CA	-,391	-,609	,440	-,190	1,000	,578	-,609	-,224	-,791	-,261
	TWI	,195	-,649	-,001	-,106	,578	1,000	-,722	-,368	-,520	,354
	TPI	-,110	,731	-,258	,245	-,609	-,722	1,000	,443	,601	-,388
	Plan_Cur	-,250	,300	-,041	,021	-,224	-,368	,443	1,000	,599	-,348
	Prof_Cur	,164	,532	-,296	,214	-,791	-,520	,601	,599	1,000	,088
	Hd	,634	-,201	-,251	-,100	-,261	,354	-,388	-,348	,088	1,000
Sig. (1 coda)	depth	.	,364	,000	,110	,000	,037	,158	,010	,067	,000
	Heigt	,364	.	,000	,116	,000	,000	,000	,003	,000	,033
	Slope	,000	,000	.	,000	,000	,495	,009	,354	,003	,010
	Asp	,110	,116	,000	.	,041	,167	,012	,424	,025	,182
	CA	,000	,000	,000	,041	.	,000	,000	,020	,000	,008
	TWI	,037	,000	,495	,167	,000	.	,000	,000	,000	,000
	TPI	,158	,000	,009	,012	,000	,000	.	,000	,000	,000
	Plan_Cur	,010	,003	,354	,424	,020	,000	,000	.	,000	,001
	Prof_Cur	,067	,000	,003	,025	,000	,000	,000	,000	.	,211
	Hd	,000	,033	,010	,182	,008	,000	,000	,001	,211	.
N	depth	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Heigt	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Slope	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Asp	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	CA	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	TWI	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	TPI	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Plan_Cur	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Prof_Cur	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Hd	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Quindi, è stata ottenuta l' equazione della regressione multipla tra la profondità dei suoli delle faggete ed i diversi parametri dendrometrici, topografici, geomorfologici e di potenziale interesse idrologico (Eq. 2) tutti significativi (Sig.  $\leq 0,05$ ). La costante dell' equazione nel complesso è molto significativa (Sig.  $< 0,01$ ), inserendo i coefficienti delle variabili indipendenti significative e non standardizzati (colonna B) riportati al modello 6 (Tabella 12), avremmo la seguente equazione:

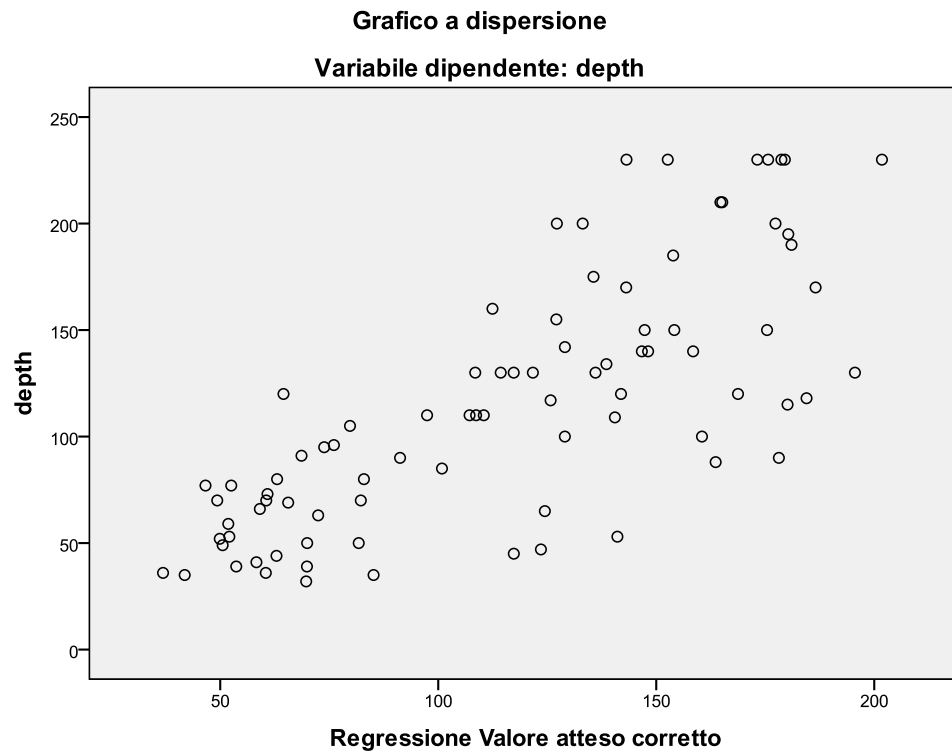
$$\text{(Eq. 2) } \text{depth} = 96,887 + 5,335 (H_d) - 1,825 (\text{slope}) - 2,735 \times 10^{-5} (CA) - 11,026 (TPI)$$

**Tabella 12** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (6) è stato utilizzato per l' Equazione 2.

Coefficienti <sup>a</sup>									
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1	(Costante)	182,265	127,072	1,434	,156	-70,876	435,406		
	Heigt	-,057	,080	-,083	,710	-,217	,103	,347	2,884
	Slope	-1,915	,418	-,482	,4583	-,2747	-1,083	,433	2,311
	Asp	-,047	,064	-,065	,746	-,174	,079	,622	1,609
	CA	-3,994E-005	,000	-,329	-1,804	,075	,000	,144	6,961
	TWI	1,858	3,071	,077	,605	-,547	7,975	,293	3,419
	TPI	-6,406	6,983	-,128	-,917	,362	7,504	,245	4,075
	Plan_Cur	-1326,751	1245,407	-,125	-1,065	,290	-3807,729	,348	2,871
	Prof_Cur	-62,945	800,427	-,014	-,079	,938	-1657,477	,160	6,234
	Hd	4,055	1,705	,285	2,379	,020	7,451	,334	2,994
2	(Costante)	184,380	123,378	1,494	,139	-61,349	430,110		
	Heigt	-,058	,079	-,084	-,727	-,216	,101	,351	2,853
	Slope	-1,924	,399	-,484	-,819	-,000	-1,129	,468	2,138
	Asp	-,049	,060	-,067	-,814	-,169	,071	,685	1,459
	CA	-3,885E-005	,000	-,320	-2,270	,026	,000	,237	4,215
	TWI	1,825	3,023	,076	,604	-,548	7,846	,298	3,357
	TPI	-6,446	6,918	-,129	-,932	,354	7,331	,247	4,053
	Plan_Cur	-1398,111	847,409	-,131	-1,650	,103	-3085,873	,742	1,347
	Hd	4,027	1,655	,283	2,433	,017	7,323	,350	2,859
3	(Costante)	215,979	111,267	1,941	,056	-5,581	437,539		
	Heigt	-,071	,076	-,104	-,936	,352	-,223	,080	2,632
	Slope	-2,021	,364	-,508	-5,556	,000	-2,746	,559	1,789
	Asp	-,052	,060	-,071	-,867	,389	-,171	,067	1,450
	CA	-3,410E-005	,000	-,281	-2,252	,027	,000	,301	3,327
	TPI	-7,126	6,797	-,142	-1,048	,298	6,409	,253	3,945
	Plan_Cur	-1408,488	843,732	-,132	-1,669	,099	-3088,572	,743	1,346
	Hd	4,327	1,572	,304	2,753	,007	7,457	,384	2,602
4	(Costante)	180,288	103,203	1,747	,085	-25,172	385,749		
	Heigt	-,056	,074	-,082	-,759	,450	-,203	,401	2,494
	Slope	-1,866	,316	-,469	-5,906	,000	-2,494	,739	1,353
	CA	-3,298E-005	,000	-,272	-2,190	,032	,000	,303	3,303
	TPI	-7,799	6,742	-,156	-1,157	,251	5,623	,257	3,894
	Plan_Cur	-1311,863	835,001	-,123	-1,571	,120	-2974,222	,756	1,323
	Hd	4,636	1,529	,325	3,033	,003	7,679	,405	2,468
5	(Costante)	106,255	33,549	3,167	,002	39,477	173,033		
	Slope	-1,817	,309	-,457	-5,890	,000	-2,431	,770	1,298
	CA	-2,989E-005	,000	-,246	-2,067	,042	,000	,327	3,061
	TPI	-9,670	6,258	-,193	-1,545	,126	2,786	,296	3,373
	Plan_Cur	-1284,477	831,978	-,121	-1,544	,127	-2940,488	,757	1,320
	Hd	4,815	1,506	,338	3,196	,002	7,813	,415	2,409
6	(Costante)	96,887	33,280	2,911	,005	30,658	163,117		
	Slope	-1,825	,311	-,459	-5,867	,000	-2,445	,771	1,298
	CA	-2,735E-005	,000	-,225	-1,887	,050	,000	,331	3,021
	TPI	-11,026	6,249	-,220	-1,764	,050	23,462	,302	3,307
	Hd	5,335	1,481	,374	3,603	,001	8,282	,437	2,289

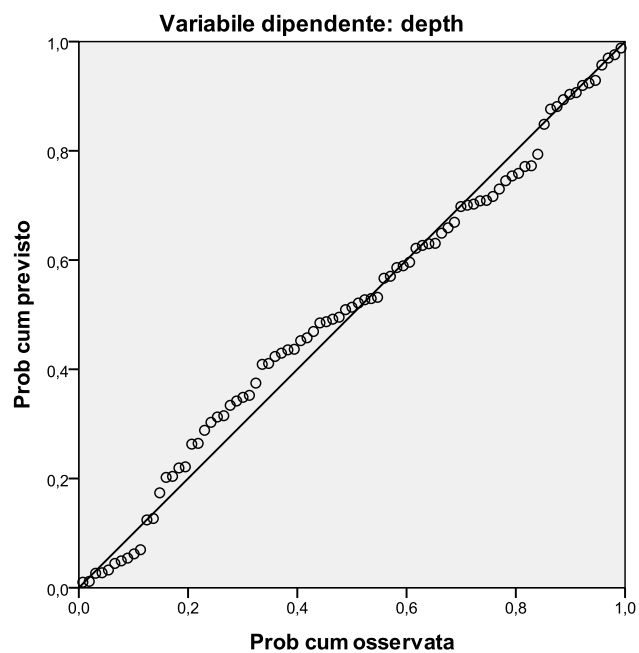
a. Variabile dipendente: depth

**Grafico 4** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti delle profondità del suolo delle faggete



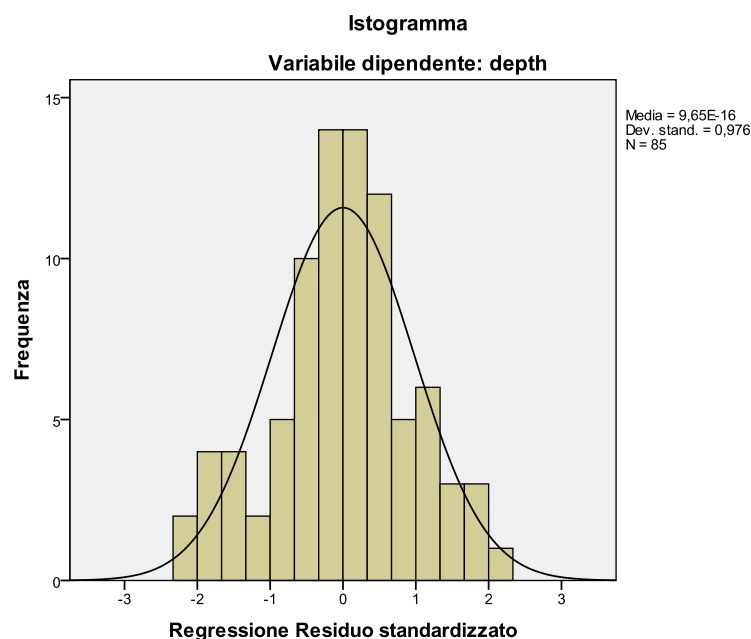
**Grafico 5** - Grafico di probabilità normale della profondità del suolo del faggio

**Grafico di normalità P-P di regressione Residuo standardizzato**





**Grafico 6** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo alla profondità del suolo delle faggete



### 2.3.1 Relazioni tra Esposizione e profondità del suolo

Dalla divisione delle osservazioni del campionamento pedologico in classi di esposizione (vedi paragrafo 2.1.2), è emerso che i suoli più profondi delle faggete oggetto di studio, sono stati osservati in siti esposti ad OVEST, con una *depth* mediamente pari a 140 cm (Dev. ST pari a 49,55 cm) e ad EST dove la profondità media è pari a 139 cm (Dev. ST = 80,73 cm). Invece, i suoli più sottili sono stati osservati in zone esposte a NORD, con profondità media pari a 96 cm (Dev. ST = 75,68 cm) e a SUD-OVEST dove la profondità media è pari a 103 cm (Dev. ST pari a 84,31 cm). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alla profondità del suolo e all'esposizione.

**Tabella 13** - Statistiche descrittive delle profondità del suolo divise per classi di esposizione, rilevate su fustaie di faggio

Classi Esposizione	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Depth (cm)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	10	11,76%	139	6517,12	80,73	25,53	58,20
NORD	6	7,06%	96	5727,60	75,68	30,90	78,83
NORD-EST	55	64,71%	111	2929,79	54,13	7,30	48,79
OVEST	7	8,24%	140	2455,57	49,55	18,73	35,47
SUD-OVEST	3	3,53%	103	7108,33	84,31	48,68	81,59
SUD-EST	4	4,71%	114	638,92	25,28	12,64	22,12
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>85</b>	<b>100,00%</b>	<b>115,41</b>	<b>3449</b>	<b>58,73</b>	<b>6,37</b>	<b>50,89</b>

### 2.3.2 Relazioni tra Litologia, Suoli e profondità

Secondo quanto esposto al paragrafo 2.1.3 le faggete dell' area di studio vegetano su un' unica tipologia geolitologica, i Calcari compatti duri (vedi anche Capitolo 2).

Il campionamento svolto sulle faggete in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), rientra nei sottogruppi ed associazioni di suoli: *Typic Hapludands*, *Typic Melanudands*, l' associazione tra *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* (*Soil Taxonomy*, 1998).

Di contro sono state riscontrate differenze non eccessive tra le profondità del suolo massime, rilevate sui *Typic Melanudands* mediamente pari a 125 cm (Dev. ST 7,07 cm) e quelle minime osservate sui *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands*, mediamente pari a 106 cm (Dev. ST 51,73 cm).

Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alle profondità, ripartite per tipologia di suolo.

**Tabella 14** - Statistiche descrittive delle profondità di suolo, divise per tipologia rilevate su fustaie di faggio

Suoli	N° Osservazioni	Tasso	Media Depth (cm)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Typic Hapludands	80	94,12%	115,51	3593,57	59,95	6,66	51,90
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	3	3,53%	106,33	2676,33	51,73	29,87	48,65
Typic Melanudands	2	2,35%	125,00	50,00	7,07	5,00	5,66
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>115,41</b>	<b>3449</b>	<b>58,73</b>	<b>6,37</b>	<b>50,89</b>

### 2.4 Discussione in merito alle variazioni di profondità del suolo delle faggete

Dalle analisi statistiche riguardanti le variazioni della profondità del suolo, osservate sulle faggete del Camposauro, si evince che suoli più profondi si rinvenivano nelle aree a minore pendenza, esposte ad ovest, su cui vegetano i soprassuoli con le altezze superiori. Quest' ultimo risultato è una riconferma della prova che a suoli fertili e profondi corrispondo faggete fertili (vedi anche par. 2.2). Oltre alla fertilità forestale ( $H_d$ ), il secondo fattore fortemente correlato con la profondità dei suoli delle faggete, risulta la pendenza, correlata negativamente con quest' ultima ( $r_{depth vs Slope} = -0,595$ ).

In base a quanto esposto nel capitolo precedente (vedi par. 2.4.1) i suoli più profondi sono stati osservati nei Pianori e Siti Superiori di Drenaggio Montano; mentre, quelli più sottili sui crinali superiori e ciò viene confermato dalla semplice logica che nell' area oggetto di studio i

crinali spesso si presentano privi di copertura arborea, sono esposti ad erosione idrica ed eolica; pertanto, il trasporto di materiale solido, eroso dai crinali e dai versanti, si presenta molto attivo verso valle.

Il fatto che i valori di *catchment area* ( $r_{\text{depth vs. CA}} = -0,391$ ) e di TPI ( $r_{\text{depth vs. TPI}} = -0,110$ ) siano correlati negativamente con i valori della profondità del suolo (vedi tabella 11), fa presumere che nell' area oggetto di studio, i suoli più sottili si vanno a localizzare sia nelle zone di crinale che in quelle di impluvio maggiormente erose (vedi Cap. 4 - par. 2.4.1).

### 3. Analisi dei fattori pedologici, topografici e morfometrici rilevati su castagno

#### 3.1 Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica del castagno

Dalla regressione multipla relativa alle altezze dendrometriche del castagno, è emerso che le variabili indipendenti significative legate alla pedologia, alla topografia ed alla geomorfologia, sono risultate: depth, slope, Height, TPI e Plan\_Cur. Tale regressione, in cui in cui tutte le coovariate risultavano significative, è stata ottenuta allo step 5 della *backward deletion* (modello 5 - Tabella 15), eliminando le 4 covariate non rappresentative: TWI, CA, Asp, Prof\_Cur. La regressione complessivamente ha riportato un buon *adjusted r<sup>2</sup>*, pari a 0,503 e la Deviazione standard, risulta pari a 1,681. La regressione risulta significativa, la devianza, la varianza e l' F di Fisher spiegati dal modello regressivo stesso, sono superiori a quelli del residuo (modello 5 - Tabella 16).

**Tabella 15** - Adattamento del modello

Riepilogo del modello <sup>f</sup>				
Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,733 <sup>a</sup>	,538	,494	1,697433370
2	,733 <sup>b</sup>	,537	,498	1,689796557
3	,731 <sup>c</sup>	,535	,502	1,684437131
4	,731 <sup>d</sup>	,535	,506	1,676467966
5	,726 <sup>e</sup>	,527	,503	1,681386859

a. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, CA, TPI, TWI

b. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, CA, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI

e. Predittori: (Costante), depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI

f. Variabile dipendente: Hd

**Tabella 16** - Analisi della Varianza delle regressione multiple con variabile dipendente H<sub>d</sub> dei cedui di castagno

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	318,265	9	35,363	12,273	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	273,722	95	2,881		
	Totale	591,987	104			
2	Regressione	317,867	8	39,733	13,915	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	274,120	96	2,855		
	Totale	591,987	104			
3	Regressione	316,766	7	45,252	15,949	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	275,221	97	2,837		
	Totale	591,987	104			
4	Regressione	316,554	6	52,759	18,772	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	275,433	98	2,811		
	Totale	591,987	104			
5	Regressione	312,108	5	62,422	22,080	,000 <sup>f</sup>
	Residuo	279,879	99	2,827		
	Totale	591,987	104			

a. Variabile dipendente: Hd

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Heigt, CA, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Heigt, CA, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI, TWI

e. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI

f. Predittori: (Costante), depth, Slope, Plan\_Cur, Heigt, TPI

Il TPI è risultato come la covariata più correlata con H<sub>d</sub>, ovvero quella che ha riportato l'r di *Pearson* più alto, pari a - 0,572 ed in secondo luogo l'altitudine con un r pari a - 0,556 e la depth con r = 0,497 (Tabella 17). Si elencano sinteticamente le correlazioni tra le variabili esaminate nelle seguente tabella.

**Tabella 17** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni										
	Hd	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur
Correlazione di Pearson	Hd	1,000	,497	-,556	-,296	-,147	,150	,345	-,572	-,372
	depth	,497	1,000	-,343	-,060	,026	-,251	-,039	-,187	-,005
	Heigt	-,556	-,343	1,000	,645	-,048	-,290	-,455	,713	,367
	Slope	-,296	-,060	,645	1,000	,032	-,647	-,703	,688	,455
	Asp	-,147	,026	-,048	,032	1,000	-,216	-,227	,176	,139
	CA	,150	-,251	-,290	-,647	-,216	1,000	,904	-,582	-,508
	TWI	,345	-,039	-,455	-,703	-,227	,904	1,000	-,777	-,522
	TPI	-,572	-,187	,713	,688	,176	-,582	-,777	1,000	,589
	Plan_Cur	-,372	-,005	,367	,455	,139	-,508	-,522	,589	1,000
	Prof_Cur	-,460	-,136	,503	,561	,132	-,623	-,754	,869	,581
Sig. (1 coda)	Hd	,000	,000	,001	,068	,063	,000	,000	,000	,000
	depth	,000	,000	,270	,395	,005	,348	,028	,482	,084
	Heigt	,000	,000	,000	,314	,001	,000	,000	,000	,000
	Slope	,001	,270	,000	,374	,000	,000	,000	,000	,000
	Asp	,068	,395	,314	,374	,014	,010	,036	,078	,090
	CA	,063	,005	,001	,000	,014	,000	,000	,000	,000
	TWI	,000	,348	,000	,000	,010	,000	,000	,000	,000
	TPI	,000	,028	,000	,000	,036	,000	,000	,000	,000
	Plan_Cur	,000	,482	,000	,000	,078	,000	,000	,000	,000
	Prof_Cur	,000	,084	,000	,000	,090	,000	,000	,000	,000
N	Hd	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	depth	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Heigt	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Slope	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Asp	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	CA	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	TWI	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	TPI	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Plan_Cur	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Prof_Cur	105	105	105	105	105	105	105	105	105

La *depth* è risultata anche la variabile indipendente più significativa della regressione nel suo complesso (Sig. < 0,000) ed in secondo luogo il TPI con una Sig. = 0,01. Per avere una visione d'insieme più dettagliata si rimanda alla Tabella 18 (vedi colonna Sig. - modello 5).

Quindi, è stata ottenuta l'equazione della regressione multipla tra le altezze dendrometriche dei cedui di castagno ed i diversi fattori pedologici, topografici e geomorfologici (Eq. 3) tutti significativi (Sig. ≤ 0,05). La costante dell'equazione nel complesso è molto significativa (Sig. < 0,01), inserendo i coefficienti non standardizzati delle variabili indipendenti significative (colonna B) riportati al modello 5 (Tabella 18), avremmo la seguente equazione:

$$\text{(Eq. 3)} \quad H_d = 9,623 + 0,019 (\text{depth}) - 0,005 (\text{Height}) + 0,035 (\text{Slope}) - 0,826 (\text{TPI}) - 87,113 (\text{Plan\_Cur})$$

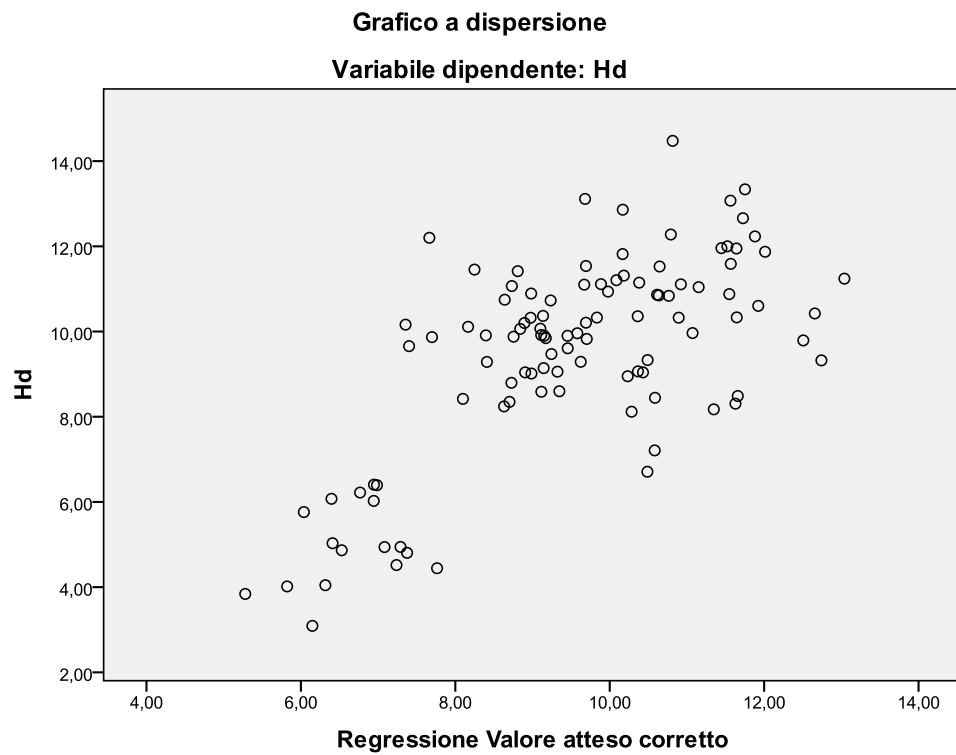
**Tabella 18** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l'ultimo modello (5) è stato utilizzato per l'Equazione 3.

Coefficienti <sup>a</sup>									
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1	(Costante)	8,892	2,879	3,089	,003	3,176	14,608		
	depth	,018	,005	,342	,000	,009	,027	,648	1,544
	Heigt	-,005	,003	-,260	,039	-,011	,000	,316	3,160
	Slope	,035	,019	,220	,072	-,003	,072	,332	3,009
	Asp	-,002	,001	-,085	,127	-,004	,001	,847	1,181
	CA	-3,567E-007	,000	-,115	,519	,605	,000	,100	10,025
	TWI	,164	,253	,162	,648	,519	-,338	,665	,078
	TPI	-,730	,470	-,357	-,1553	,124	-,1662	,203	,092
	Plan_Cur	-95,778	54,349	-,162	-,1762	,081	-,203,675	12,118	,578
2	Prof_Cur	15,015	40,401	,061	,372	,711	-,65,191	95,222	,183
	(Costante)	9,186	2,756	3,333	,001	3,716	14,656		
	depth	,018	,004	,335	3,965	,000	,009	,027	,674
	Heigt	-,006	,002	-,273	-,2298	,024	-,011	-,001	,342
	Slope	,033	,019	,212	1,790	,077	-,004	,070	,343
	Asp	-,002	,001	-,091	-,1235	,220	-,004	,001	,884
	CA	-4,140E-007	,000	-,133	-,621	,536	,000	,000	,105
	TWI	,169	,251	,167	,671	,504	-,330	,667	,078
	TPI	-,611	,342	-,299	-,1784	,078	-,1,290	,069	,172
3	Plan_Cur	-93,925	53,876	-,159	-,1743	,084	-,200,868	13,019	,583
	(Costante)	10,090	2,333	4,326	,000	5,461	14,720		
	depth	,019	,004	,357	4,627	,000	,011	,027	,807
	Heigt	-,006	,002	-,274	-,2,313	,023	-,011	-,001	,342
	Slope	,036	,018	,229	1,992	,049	,000	,072	,362
	Asp	-,002	,001	-,088	-,1,202	,232	-,004	,001	,887
	TWI	,036	,132	,036	,274	,785	-,227	,299	,278
	TPI	-,695	,313	-,340	-,2,217	,029	-,1,316	-,073	,203
	Plan_Cur	-84,657	51,604	-,143	-,1,641	,104	-,187,077	17,763	,631
4	(Costante)	10,405	2,020	5,150	,000	6,396	14,414		
	depth	,019	,004	,353	4,671	,000	,011	,027	,831
	Heigt	-,006	,002	-,265	-,2,340	,021	-,010	-,001	,371
	Slope	,034	,016	,215	2,099	,038	,002	,066	,452
	Asp	-,002	,001	-,091	-,1,258	,211	-,004	,001	,904
	TPI	-,744	,254	-,365	-,2,926	,004	-,1,249	-,239	,306
	Plan_Cur	-85,246	51,315	-,144	-,1,661	,100	-,187,079	16,588	,632
5	(Costante)	9,623	1,928	4,992	,000	5,797	13,448		
	depth	,019	,004	,354	4,668	,000	,011	,027	,831
	Heigt	-,005	,002	-,235	-,2,116	,037	-,010	,000	,388
	Slope	,035	,016	,222	2,162	,033	,003	,067	,453
	TPI	-,826	,247	-,405	-,3,350	,001	-,1,316	-,337	,327
	Plan_Cur	-87,113	51,444	-,147	-,1,693	,050	-,189,190	14,963	,633

a. Variabile dipendente: Hd

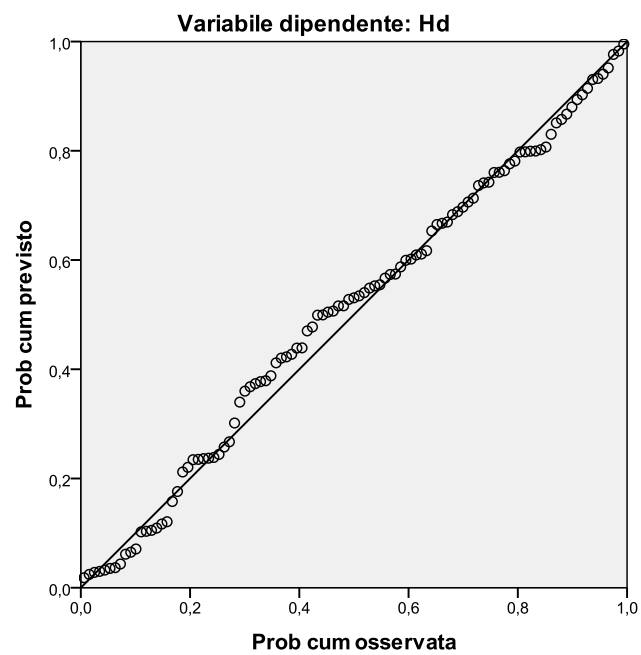


**Grafico 7** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti delle altezze del castagno

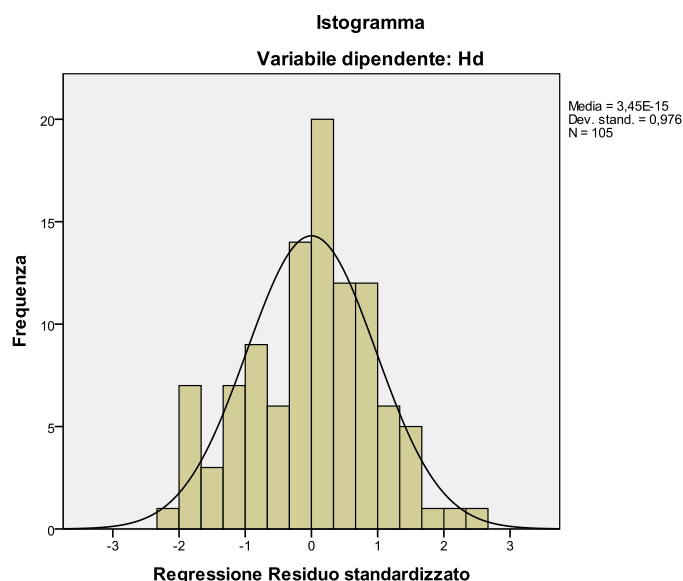


**Grafico 8** - Grafico di probabilità normale delle altezze del castagno

**Grafico di normalità P-P di regressione Residuo standardizzato**



**Grafico 9** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo alle altezze del castagno



### 3.1.1 Relazioni tra forme di paesaggio ed Altezze dendrometriche

Dall'elaborazione dei dati relativi alle osservazioni puntuali del campionamento pedologico effettuato sui cedui castanili divisi per ambiente geomorfologico, secondo la classificazione delle *Landforms* esposta nel paragrafo 2.1.1, mediamente i valori più elevati delle altezze sono stati rilevati all'interno dei siti superiori di drenaggio montano (*Upland drainages*) pari a 10,81 m (Dev. ST 1,60 m) e all'interno degli impluvi profondi (*Streams*) pari a 10,49 m (Dev. ST 1,51 m). Invece, i valori inferiori sono stati osservati mediamente sui crinali inferiori e secondari (*Midslope Ridges*) con un'altezza media di 4,83 m (Dev. ST 1,61 m) e sui crinali superiori (*High Ridges*) pari a 5,55 m (Dev. ST 0,68 m). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alle altezze dendrometriche, ripartite per forma di paesaggio.

**Tabella 19** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche rilevate nelle varie forme di paesaggio dei cedui di castagno

Landforms	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Hd (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Streams	25	23,81%	10,49	2,27	1,51	0,30	14,37
Midslope Drainages	8	7,62%	10,43	2,17	1,47	0,52	14,11
Upland drainages	3	2,86%	10,81	2,56	1,60	0,92	14,80
U-shape Valleys	24	22,86%	10,29	2,09	1,45	0,30	14,05
Open Slopes	21	20,00%	10,33	1,54	1,24	0,27	12,01
Upper Slopes	3	2,86%	9,69	6,23	2,50	1,44	25,76
Local Ridges	5	4,76%	8,38	8,72	2,95	1,32	35,24
Midslope Ridges	8	7,62%	4,83	2,59	1,61	0,57	33,30
High ridges	8	7,62%	5,55	0,46	0,68	0,24	12,25
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>105</b>	<b>100%</b>	<b>9,49</b>	<b>5,71</b>	<b>2,39</b>	<b>0,23</b>	<b>25,19</b>

### 3.1.2 Relazioni tra Esposizione ed Altezze dendrometriche

Dalla divisione delle osservazioni del campionamento pedologico in classi di esposizione, secondo quanto esposto al paragrafo 2.1.2.

E' emerso che i cedui di castagno dell' area in questione non risentono in modo apprezzabile dell' effetto del fattore esposizione, in linea anche con quanto verificato con la regressione multipla analizzata nel paragrafo precedente, in cui l' Asp non è risultata una covariata particolarmente significativa ed è stata la quarta variabile indipendente ad essere eliminata durante la *backward deletion* (vedi Tabella 15).

Quindi, non sono state riscontrate forti differenze tra le altezze massime, rilevate in siti con esposizione NORD mediamente pari a 9,84 m (Dev. ST 1,98 m) e quelle minime osservate in siti esposti a SUD, mediamente pari a 8,43 m (Dev. ST 3,07 m).

**Tabella 20** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche divise per classi di esposizione, rilevate su cedui di castagno

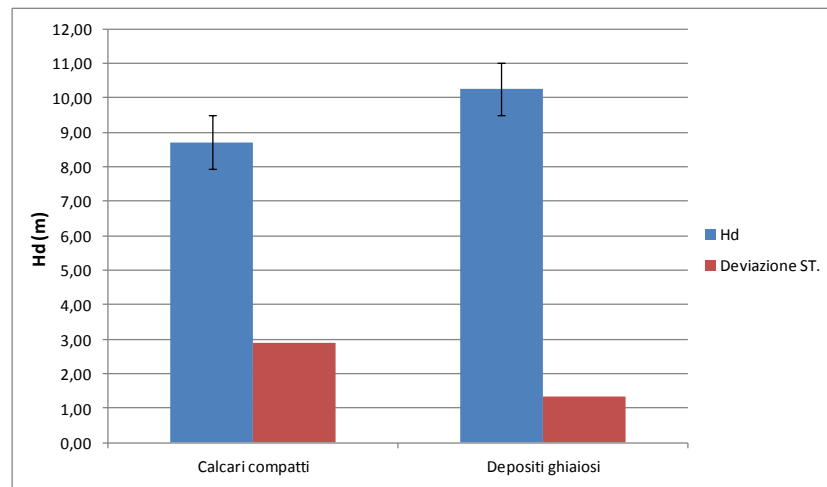
Classe	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Hd (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	9	8,57%	9,46	4,48	2,12	0,71	22,37
NORD	48	45,71%	9,84	3,92	1,98	0,29	20,12
NORD-EST	25	23,81%	9,61	5,96	2,44	0,49	25,40
NORD-OVEST	9	8,57%	8,69	8,29	2,88	0,96	33,15
SUD	10	9,52%	8,43	9,42	3,07	0,97	36,43
SUD-EST	4	3,81%	8,89	18,05	4,25	2,12	47,77
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>105</b>	<b>100%</b>	<b>9,49</b>	<b>5,71</b>	<b>2,39</b>	<b>0,23</b>	<b>25,19</b>

### 3.1.3 Relazioni tra Litologia, Suoli ed Altezze dendrometriche

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008), le osservazioni campionarie eseguite sui cedui di castagno dell' area di studio, rientravano in due tipologie geolitologiche, i Calcari compatti duri ed i depositi ghiaiosi non cementati di scarpata.

Le differenze in altezza osservate tra le due tipologie litologiche non sono eccessive, comunque apprezzabili, mediamente pari a 10,26 m (Dev. ST 1,34 m) per i depositi ghiaiosi e a 8,73 m (Dev. ST 2,91 m) per i calcari compatti.

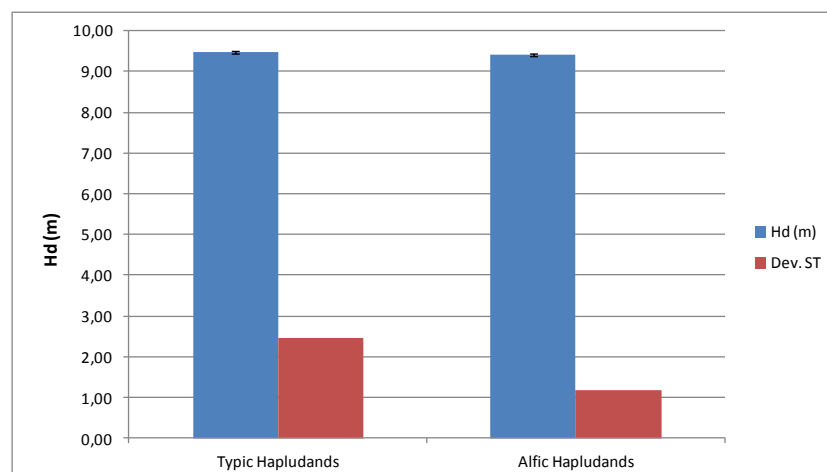
**Grafico 10** - Ripartizione delle altezze dendrometriche medie rilevate sulle due tipologie litologiche dei cedui di castagno, le barre blu indicano la media delle  $H_d$ , le barre della deviazione standard in rosso e linee nere indicano l'Errore Standard.



Il campionamento svolto sui castagneti in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), è stato svolto su due sottogruppi di suoli: i *Typic Hapludands* e gli *Alfic Hapludands* (*Soil Taxonomy*, 1998).

Per questa tipologia forestale non sono state rilevate apprezzabili differenze tra le altezze rilevate sui *Typic Hapludands* mediamente pari a 9,49 m (Dev. ST 2,46 m) e quelle rilevate sugli *Alfic Hapludands*, mediamente pari a 9,42 m (Dev. ST 1,17 m).

**Grafico 11** - Ripartizione delle altezze dendrometriche medie rilevate per i due sotto gruppi di suoli su cui vegetano i cedui di castagno, le barre blu indicano la media delle  $H_d$ , le barre della deviazione standard in rosso e linee nere indicano l'Errore Standard.



### 3.2 Discussione in merito alle variazioni di fertilità dei cedui di castagno

I risultati delle analisi statistiche riguardanti le variazioni delle altezze dendrometriche ( $H_d$ ) dei cedui di castagno del Camposauro, mostrano che il *Site Index* risulta correlato positivamente ed in modo significativo con la profondità del suolo e negativamente con il TPI, l'altitudine, la pendenza e la curvatura in piano.

Quindi, possiamo sostenere che i cedui di castagno più fertili nell'area di studio, si rinvenivano in zone di impluvio, siti superiori di drenaggio montano e versanti medi, dove le pendenze sono moderate, anche se quest'ultime non sembrano comportare evidenti fenomeni di erosione del suolo (depth vs. slope  $r = -0,06$ ). Pertanto, i cedui di castagno più fertili si rinvenivano in siti dove i suoli sono profondi e poco erosi (come i *Typic Hapludands*), esposti a Nord ed evolutisi su Depositi ghiaiosi non cementati di scarpata.

Il fatto che l'altitudine, l'indice topografico di posizione e la curvatura in piano, siano correlati negativamente con  $H_d$ , ciò conferma la stretta relazione con la geomorfologia; infatti, le suddette forme di paesaggio dove crescono i cedui castanili più fertili, sono poste a quote inferiori rispetto ai crinali principali ed ai crinali secondari, che presentano suoli più sottili e più erosi, dove vanno a localizzarsi i cedui castanili meno fertili.

Il fatto che per questa tipologia forestale sia la *Catchment area*, che il TWI non siano risultate variabili significative, ciò fa presumere che anche per il castagno come verificato per il faggio, risulta molto importante la riserva idrica dei suoli profondi, soprattutto perché tampona l'aridità estiva e fornisce importanti riserve soprattutto durante i mesi estivi di piena attività vegetativa.

### 3.3. Regressioni lineari multiple in merito alla profondità del suolo dei cedui di castagno

Anche per la profondità del suolo riguardante i cedui di castagno, sono state prodotte delle regressioni lineari multiple, in cui la *depth* rappresentava la variabile dipendente e sono state inserite a turno le covariate dendrometriche: volume ( $V_d$ ) o l'altezza ( $H_d$ ). Quindi, sono state inserite le altre 8 covariate di tipo pedologico, topografico, morfometrico e di potenziale interesse idrologico.

Per quanto concerne la regressione in cui è stato selezionato il  $V_d$  come variabile dendrometrica indipendente, il modello in cui tutte le covariate risultavano significative conteneva oltre che il  $V_d$ : CA, Height, Prof\_Cur, TPI e TWI, tale regressione ha riportato un  $r^2$  corretto abbastanza accettabile, pari a 0,372 (modello 4 - Tabella 21).



**Tabella 21** - Adattamento del modello, con  $V_d$  tra le variabili indipendenti

**Riepilogo del modello<sup>e</sup>**

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,645 <sup>a</sup>	,416	,361	36,024
2	,645 <sup>b</sup>	,416	,367	35,847
3	,643 <sup>c</sup>	,414	,371	35,727
4	,639 <sup>d</sup>	,408	,372	35,702

a. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Asp, Heigt, Plan\_Cur, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

b. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Heigt, Plan\_Cur, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Heigt, Prof\_Cur, TPI, TWI

e. Variabile dipendente: depth

Per quanto riguarda la regressione in cui l'  $H_d$  è stata selezionata come variabile dendrometrica indipendente, anche in questo caso, la regressione in cui tutte le covariate risultavano significative, conteneva:  $H_d$ , CA, Height, Prof\_Cur, TPI e TWI e l'  $r^2$  corretto è risultato buono, pari a 0,401 (modello 4 - Tabella 22). Quindi, è stata scelta  $H_d$  per la regressione che spiegasse la profondità dei suoli dei cedui di castagno.

Il modello in cui tutte le covariate risultavano significative è stato raggiunto eliminando 3 covariate, in ordine: Asp, Plan\_Cur e Slope; al quarto step della *backward deletion*. La regressione nel complesso risulta abbastanza significativa, poiché la varianza e l' F di Fisher spiegati dalla regressione, sono superiori a quelli del residuo (modello 4 - Tabella 23).

**Tabella 22** - Adattamento del modello, in cui  $H_d$  figura tra le variabili indipendenti

**Riepilogo del modello<sup>e</sup>**

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,666 <sup>a</sup>	,443	,391	35,173
2	,665 <sup>b</sup>	,442	,396	35,021
3	,664 <sup>c</sup>	,441	,401	34,876
4	,660 <sup>d</sup>	,436	,401	34,876

a. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Asp, CA, Plan\_Cur, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

b. Predittori: (Costante),  $H_d$ , CA, Plan\_Cur, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante),  $H_d$ , CA, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante),  $H_d$ , CA, Heigt, Prof\_Cur, TPI, TWI

e. Variabile dipendente: depth

**Tabella 23** - Analisi della Varianza delle regressioni multiple con profondità del suolo dei cedui di castagno, variabile dipendente

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	93648,088	9	10405,343	8,411	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	117528,426	95	1237,141		
	Totale	211176,514	104			
2	Regressione	93438,007	8	11679,751	9,523	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	117738,507	96	1226,443		
	Totale	211176,514	104			
3	Regressione	93193,574	7	13313,368	10,946	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	117982,941	97	1216,319		
	Totale	211176,514	104			
4	Regressione	91976,758	6	15329,460	12,603	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	119199,757	98	1216,324		
	Totale	211176,514	104			

a. Variabile dipendente: depth

b. Predittori: (Costante), Hd, Asp, CA, Plan\_Cur, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante), Hd, CA, Plan\_Cur, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante), Hd, CA, Heigt, Prof\_Cur, Slope, TPI, TWI

e. Predittori: (Costante), Hd, CA, Heigt, Prof\_Cur, TPI, TWI

L'  $H_d$  è risultata la covariata più correlata con la *depth*, l'  $r$  di *Pearson* di tale correlazione bivariata risulta pari a 0,497 e secondariamente è risultata più correlata l' *Height* con  $r$  pari a -0,343 e la CA  $r = -0,251$  (modello 4 - Tabella 24). L'  $H_d$  e la CA sono risultate anche le variabili più significative della regressione nel suo complesso, ovvero quelle che hanno riportato una Sig. < 0,01, in particolare la loro Sig. < 0,000. Per avere una visione d'insieme più dettagliata si rimanda alla visione della tabella 25 (vedi colonna Sig. - modello 4).

**Tabella 24** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni											
	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur	Hd	
Correlazione di Pearson	depth	1,000	-,343	-,060	,026	-,251	-,039	-,187	-,005	-,136	,497
	Heigt	-,343	1,000	,645	-,048	-,290	-,455	,713	,367	,503	-,556
	Slope	-,060	,645	1,000	,032	-,647	-,703	,688	,455	,561	-,296
	Asp	,026	-,048	,032	1,000	-,216	-,227	,176	,139	,132	-,147
	CA	-,251	-,290	-,647	-,216	1,000	,904	-,582	-,508	-,623	,150
	TWI	-,039	-,455	-,703	-,227	,904	1,000	-,777	-,522	-,754	,345
	TPI	-,187	,713	,688	,176	-,582	-,777	1,000	,589	,869	-,572
	Plan_Cur	-,005	,367	,455	,139	-,508	-,522	,589	1,000	,581	-,372
	Prof_Cur	-,136	,503	,561	,132	-,623	-,754	,869	,581	1,000	-,460
	Hd	,497	-,556	-,296	-,147	,150	,345	-,572	-,372	-,460	1,000
Sig. (1 coda)	depth	.	,000	,270	,395	,005	,348	,028	,482	,084	,000
	Heigt	,000	.	,000	,314	,001	,000	,000	,000	,000	,000
	Slope	,270	,000	.	,374	,000	,000	,000	,000	,000	,001
	Asp	,395	,314	,374	.	,014	,010	,036	,078	,090	,068
	CA	,005	,001	,000	,014	.	,000	,000	,000	,000	,063
	TWI	,348	,000	,000	,010	,000	.	,000	,000	,000	,000
	TPI	,028	,000	,000	,036	,000	,000	.	,000	,000	,000
	Plan_Cur	,482	,000	,000	,078	,000	,000	,000	.	,000	,000
	Prof_Cur	,084	,000	,000	,090	,000	,000	,000	,000	.	,000
	Hd	,000	,000	,001	,068	,063	,000	,000	,000	,000	.
N	depth	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Heigt	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Slope	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Asp	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	CA	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	TWI	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	TPI	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Plan_Cur	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Prof_Cur	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Hd	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105

Quindi, l'equazione della regressione multipla tra la profondità del suolo del castagno ceduo ed i diversi *Site factors* legati al suolo, alla topografia, alla geomorfologia e di potenziale interesse idrologico, risultati tutti significativi ( $\text{Sig.} \leq 0,05$ ), è stata ottenuta inserendo i coefficienti riportati nel modello 4 delle variabili indipendenti significative non standardizzati (colonna B - Tabella 25) e presenta la seguente forma funzionale:

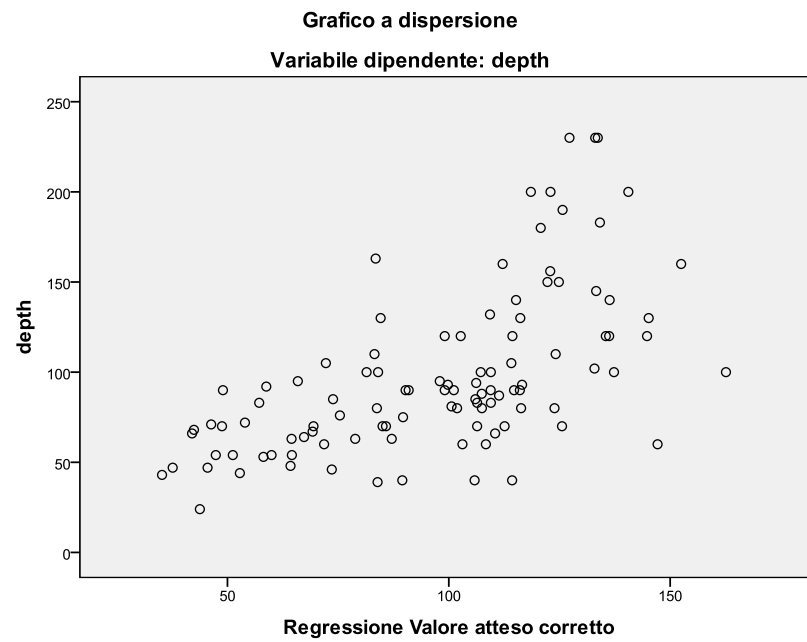
**(Eq. 4)**  $\text{depth} = 20,983 + 7,408 (H_d) - 0,115 (\text{Height}) - 5,095 \times 10^{-5} (\text{CA}) + 19,032 (\text{TPI}) + 12,094 (\text{TWI}) - 1,410 \times 10^{-3} (\text{Prof\_Cur})$

**Tabella 25** - Statistiche dei Coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l'ultimo modello (4) è stato utilizzato per l'Equazione 4.

Coefficienti <sup>a</sup>									
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1 (Costante)	32,540	62,493		,521	,604	-91,524	156,604		
Height	-,095	,054	-,240	-1,753	,083	-,204	,013	,312	3,203
Slope	-,421	,399	-,142	-1,055	,294	-1,212	,371	,325	3,078
Asp	-,012	,028	-,034	-,412	,681	-,067	,044	,837	1,194
CA	-5,275E-005	,000	-,898	-3,998	,000	,000	,000	,116	8,606
TWI	11,293	5,118	,592	2,207	,030	1,133	21,453	,081	12,300
TPI	20,644	9,629	,535	2,144	,035	1,527	39,761	,094	10,648
Plan_Cur	508,374	1143,254	,045	,445	,658	-1761,272	2778,020	,561	1,784
Prof_Cur	-1621,031	821,102	-,347	-1,974	,051	-3251,124	9,062	,190	5,261
Hd	7,770	1,971	,411	3,942	,000	3,857	11,683	,538	1,859
2 (Costante)	24,597	59,188		,416	,679	-92,890	142,083		
Height	-,090	,053	-,228	-1,712	,090	-,195	,014	,328	3,045
Slope	-,400	,394	-,135	-1,016	,312	-1,182	,382	,330	3,031
CA	-5,219E-005	,000	-,888	-3,994	,000	,000	,000	,117	8,516
TWI	11,314	5,095	,593	2,221	,029	1,200	21,429	,081	12,299
TPI	19,795	9,365	,513	2,114	,037	1,205	38,384	,098	10,160
Plan_Cur	508,175	1138,300	,045	,446	,656	-1751,332	2767,682	,561	1,784
Prof_Cur	-1555,353	801,994	-,333	-1,939	,055	-3147,299	36,593	,198	5,063
Hd	7,885	1,943	,417	4,059	,000	4,029	11,741	,549	1,822
3 (Costante)	22,225	58,705		,379	,706	-94,288	138,738		
Height	-,092	,052	-,232	-1,760	,082	-,197	,012	,331	3,025
Slope	-,392	,392	-,132	-1,000	,320	-1,170	,386	,331	3,024
CA	-5,391E-005	,000	-,917	-4,334	,000	,000	,000	,129	7,778
TWI	11,842	4,936	,621	2,399	,018	2,045	21,639	,086	11,638
TPI	20,642	9,133	,535	2,260	,026	2,516	38,768	,103	9,743
Prof_Cur	-1522,587	795,326	-,326	-1,914	,059	-3101,088	55,915	,199	5,021
Hd	7,732	1,905	,409	4,060	,000	3,952	11,513	,566	1,766
4 (Costante)	20,983	58,692		,358	,721	-95,489	137,456		
Height	-,115	,047	-,289	-2,419	,017	-,209	-,021	,404	2,474
CA	-5,095E-005	,000	-,867	-4,217	,000	,000	,000	,136	7,336
TWI	12,094	4,930	,634	2,453	,016	2,311	21,876	,086	11,607
TPI	19,032	8,990	,494	2,117	,037	1,192	36,872	,106	9,440
Prof_Cur	-1409,757	787,287	-,301	-1,791	,049	-2972,102	152,588	,203	4,920
Hd	7,408	1,877	,392	3,947	,000	3,684	11,133	,583	1,714

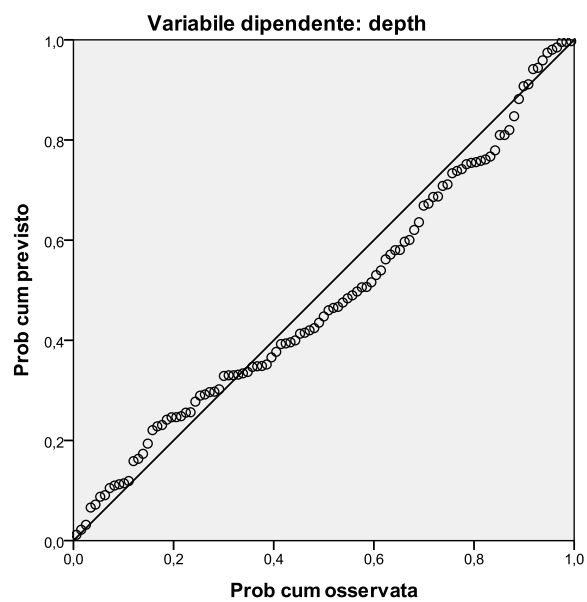
a. Variabile dipendente: depth

**Grafico 12** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti delle profondità del suolo dei cedui di castagno

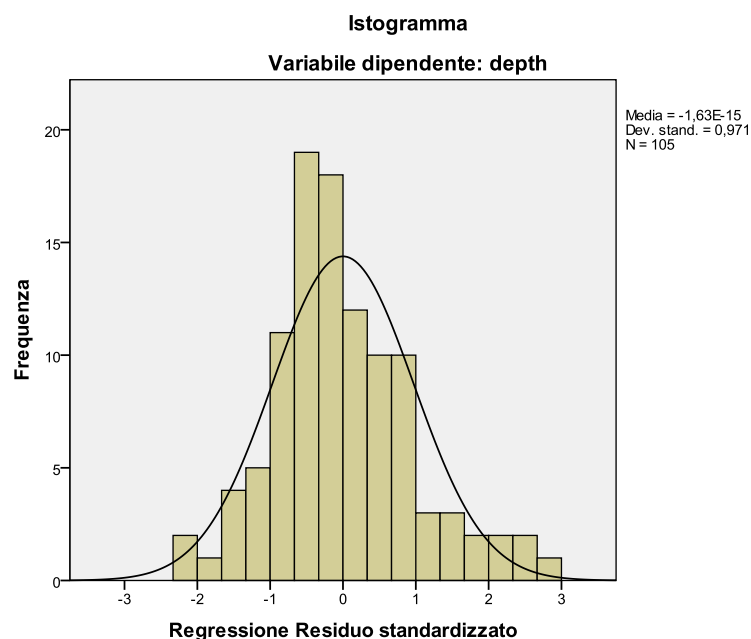


**Grafico 13** - Grafico di probabilità normale della profondità del suolo dei cedui di castagno

**Grafico di normalità P-P di regressione Residuo standardizzato**



**Grafico 14** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo alla profondità del suolo dei cedui di castagno



### 3.3.1 Relazioni tra Esposizione e profondità del suolo

Le osservazioni del campionamento pedologico eseguito sui cedui di castagno, sono state stratificate per classi di esposizione, secondo quanto esposto nel paragrafo 2.1.2. Dalle analisi statistiche è emerso che, i suoli più profondi dei castagneti oggetto di studio, sono stati osservati in siti esposti a NORD, con la profondità mediamente pari a 109 cm (Dev. ST pari a 48,02 cm) e a SUD dove la profondità media è pari a 101 cm (Dev. ST = 57,54 cm). Invece, i suoli più sottili sono stati osservati in zone esposte ad EST, con profondità media pari a 78 cm (Dev. ST = 37,39 cm) e a NORD-EST dove la profondità media è pari a 81 cm (Dev. ST = 34,7 cm). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alla profondità del suolo divise per classi di esposizione.

**Tabella 26** - Statistiche descrittive delle profondità del suolo divise per classi di esposizione, rilevate su ceduo di castagno

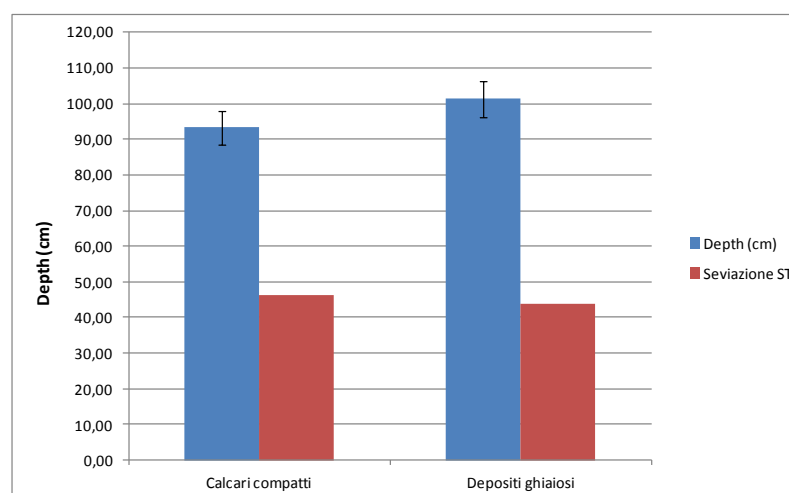
CLASSI	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Depth (cm)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	9	8,57%	78	1398,00	37,39	12,46	48,14
NORD	48	45,71%	109	2305,56	48,02	6,93	44,00
NORD-EST	25	23,81%	81	1204,0	34,7	6,9	42,8
NORD-OVEST	9	8,57%	97	1486,78	38,56	12,85	39,93
SUD	10	9,52%	101	3310,40	57,54	18,19	56,85
SUD-EST	4	3,81%	91	1324,67	36,40	18,20	40,00
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>105</b>	<b>100%</b>	<b>97,23</b>	<b>2030,54</b>	<b>45,06</b>	<b>4,40</b>	<b>46,35</b>

### 3.3.2 Relazioni tra Litologia, Suoli e profondità

Il campionamento svolto sui cedui castanili oggetto di studio, secondo la Carta Geologica della Campania (APAT, 2008), ha interessato due tipologie geolitologiche, i Calcari compatti duri ed i Depositi ghiaiosi non cementati di scarpata.

Alla luce di quanto verificato, non sono state riscontrate elevate differenze in termini di profondità del suolo tra le due tipologie geolitologiche, mediamente pari a 101,29 cm (Dev. ST 43,69 m) per i Depositi ghiaiosi e a 93,25 cm (Dev. ST 46,44 cm) per i Calcari compatti. Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alle profondità del suolo, ripartite per tipologia geolitologica.

**Grafico 15** - Ripartizione delle profondità del suolo rilevate sulle due tipologie litologiche dei cedui di castagno, le barre blu indicano la media della *depth*, le barre della deviazione standard in rosso e le linee nere indicano l'Errore Standard.

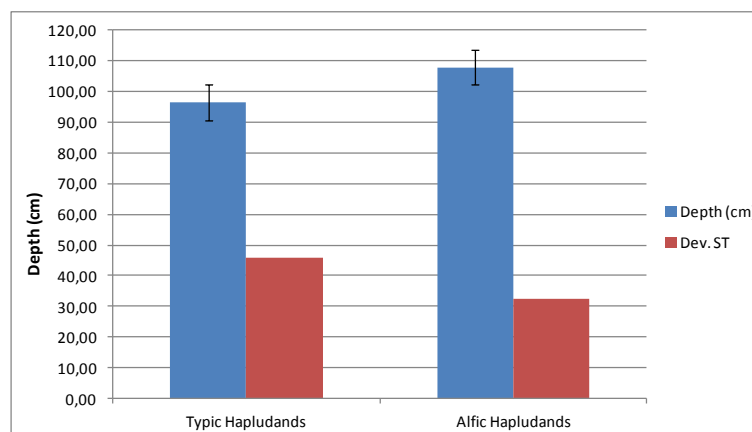


Le osservazioni campionarie svolte sui cedui di castagno in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), rientrano nei sottogruppi *Typic Hapludands* ed *Alfic Hapludands* (*Soil Taxonomy*, 1998).

Per quanto riguarda la profondità del suolo non sono state riscontrate differenze eccessive tra le profondità del suolo dei *Typic Hapludands* mediamente pari a 96,47 cm (Dev. ST 45,86 m) e quelle rilevate sugli *Alfic Hapludands*, mediamente pari a 107,86 cm (Dev. ST 32,39 cm).



**Grafico 16** - Ripartizione delle *soil depth* rilevate sulle due tipologie di suolo dei cedui di castagno, le barre blu indicano la media della *depth*, le barre della deviazione standard in rosso e linee nere indicano l' Errore Standard.



### 3.4 Discussione in merito alle variazioni di profondità del suolo dei cedui di castagno

Dalle analisi statistiche riguardanti le variazioni di profondità del suolo osservate sui cedui di castagno del Camposauro ed in base a quanto esposto nel capitolo precedente (vedi par. 1.4.1), in merito alla variazione della profondità del suolo in base alle forme di paesaggio, si evince che i suoli più profondi di tale formazione boschiva, si rinvencono sui versanti medi (*Open slopes*), zone vallive e bassi versanti (*U-shape Valleys*), esposti a Nord; mentre, i suoli più sottili si osservano sui crinali secondari (*Midslope ridges*) e su quelli principali (*High ridges*).

La variabile più correlata alla profondità del suolo, come verificato anche per il faggio (vedi par. 2.4), è risultata l' altezza dendrometrica dei cedui di castagno. Tale correlazione è un' ulteriore prova della stretta relazione tra la profondità del suolo e la fertilità forestale.

Il fatto che i valori di altitudine (depth vs. Height  $r = -0,343$ ), *catchment area* (depth vs. CA  $r = -0,251$ ), TPI (depth vs. TPI  $r = -0,187$ ), curvatura del profilo (depth vs. Prof\_Cur  $r = -0,136$ ) e di TWI (depth vs. TWI  $r = -0,039$ ), siano correlati negativamente con i valori della profondità del suolo, fa presumere che nell' area oggetto di studio, i suoli risentano dell' erosione a cui sono soggette le zone di impluvio e quelle di crinale maggiormente erose.

La "forte" correlazione negativa tra la profondità del suolo e l' altitudine ed una correlazione negativa, ma meno forte con il TPI, sono dovute proprio al fatto che i suoli più sottili sono stati osservati sui crinali e le convessità (vedi Cap. 4 - par. 1.4.1), generalmente posti più in quota rispetto ai versanti medi ed alle zone vallive, dove sono state osservate le maggiori profondità del suolo.

I valori negativi delle correlazioni con la CA, il TWI e la Prof\_Cur, indicano la presenza di erosione nelle concavità e nelle zone di impluvio.

I cedui di castagno oggetto di studio sono in pieno regime produttivo e sottoposti a pianificazione (vedi Cap. 2 e Cap. 3), la prova che i suoli più profondi sono stati osservati in zone di medio versante, caratterizzate da pendenze elevate mediamente pari al 46-47% (vedi Cap. 4, par. 1.2), testimonia che nell' area oggetto di studio, il governo a ceduo lungo i versanti particolarmente acclivi, non ha provocato evidenti fenomeni erosivi. La pendenza per tale tipologia forestale, non è risultata tra le variabili significative della regressione multiple per la stima della profondità del suolo. Quindi, per definire i processi erosivi legati al governo ceduo del castagno, oltre ai parametri topografici di base (come la pendenza) più utilizzati in letteratura (Garfi *et al.*, 2006), si dovrebbero prendere in considerazione soprattutto il contesto geomorfologico e le forme di paesaggio in cui vegetano i cedui di castagno.

#### **4. Analisi dei fattori pedologici, topografici e morfometrici rilevati sugli orno-ostrieti**

##### **4.1 Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico degli orno-ostrieti**

Dalla regressione multipla relativa al volume dendrometrico degli orno-ostrieti cedui, è emerso che le variabili indipendenti significative legate alla pedologia, alla topografia ed alla geomorfologia, sono risultate: CA, depth, Slope, Height, Plan\_Cur e TPI. Tale regressione è stata ottenuta allo step 4 della *backward deletion* (modello 4 - Tabella 27), eliminando 3 covariate: TWI, Prof\_Cur ed Asp.

La regressione complessivamente ha riportato un  $r^2$  corretto accettabile, pari a 0,388 e la Deviazione standard, risulta pari a 2,444. Nel complesso la regressione risulta significativa, la varianza e l' F di Fisher spiegati dal modello, sono superiori a quelli del residuo (modello 4 - Tabella 28), anche se l'  $r^2$  corretto dello stesso non risulta molto elevato.

**Tabella 27** - Adattamento del modello

Riepilogo del modello <sup>e</sup>				
Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,646 <sup>a</sup>	,418	,378	2,463737
2	,646 <sup>b</sup>	,417	,382	2,454914
3	,645 <sup>c</sup>	,416	,385	2,449076
4	,643 <sup>d</sup>	,414	,388	2,443912

a. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, CA, Asp, Slope, depth, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, CA, Slope, depth, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Heigt, Plan\_Cur

e. Variabile dipendente: Vd

**Tabella 28** - Analisi della Varianza della regressione multipla con variabile dipendente V<sub>d</sub> degli orno-ostrieti cedui

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	574,691	9	63,855	10,520	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	801,240	132	6,070		
	Totale	1375,930	141			
2	Regressione	574,392	8	71,799	11,914	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	801,538	133	6,027		
	Totale	1375,930	141			
3	Regressione	572,202	7	81,743	13,628	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	803,728	134	5,998		
	Totale	1375,930	141			
4	Regressione	569,615	6	94,936	15,895	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	806,315	135	5,973		
	Totale	1375,930	141			

a. Variabile dipendente: Vd

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, CA, Asp, Slope, depth, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, CA, Slope, depth, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

e. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Heigt, Plan\_Cur

Il TPI è risultata la covariata più correlata con il V<sub>d</sub>, l' r di *Pearson* di tale correlazione bivariata risulta pari a -0,357 e secondariamente le variabili più correlate sono risultate la Plan\_Cur con r pari a -0,336 e la depth r = -0,306 (Tabella 29).

Quasi tutte le covariate del modello 4 (Tabella 30) della regressione nel suo complesso, sono risultate molto significative ovvero hanno riportato una Sig. < 0,01 (depth, Height, CA e Slope); mentre, altre due covariate della regressione (TPI e Plan\_Cur) sono risultate significative (Sig. < 0,05).

**Tabella 29** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni											
	Vd	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur	
Correlazione di Pearson	Vd	1,000	,306	-,191	,116	-,230	,006	,300	-,356	-,336	-,104
	depth	,306	1,000	,006	,027	-,135	-,170	,128	,053	,064	-,062
	Heigt	-,191	,006	1,000	,604	,587	-,225	-,439	,033	,183	-,094
	Slope	,116	,027	,604	1,000	,061	-,134	-,224	-,090	,095	,063
	Asp	-,230	-,135	,587	,061	1,000	-,102	-,331	,044	,034	-,062
	CA	,006	-,170	-,225	-,134	-,102	1,000	,714	-,620	-,701	-,043
	TWI	,300	,128	-,439	-,224	-,331	,714	1,000	-,706	-,779	-,190
	TPI	-,356	,053	,033	-,090	,044	-,620	-,706	1,000	,849	,291
	Plan_Cur	-,336	,064	,183	,095	,034	-,701	-,779	,849	1,000	,315
	Prof_Cur	-,104	-,062	-,094	,063	-,062	-,043	-,190	,291	,315	1,000
Sig. (1 coda)	Vd	.	,000	,011	,084	,003	,471	,000	,000	,000	,109
	depth	,000	.	,474	,377	,055	,022	,065	,265	,225	,233
	Heigt	,011	,474	.	,000	,000	,004	,000	,350	,015	,132
	Slope	,084	,377	,000	.	,236	,056	,004	,144	,131	,228
	Asp	,003	,055	,000	,236	.	,115	,000	,300	,344	,231
	CA	,471	,022	,004	,056	,115	.	,000	,000	,000	,306
	TWI	,000	,065	,000	,004	,000	,000	.	,000	,000	,012
	TPI	,000	,265	,350	,144	,300	,000	,000	.	,000	,000
	Plan_Cur	,000	,225	,015	,131	,344	,000	,000	,000	.	,000
	Prof_Cur	,109	,233	,132	,228	,231	,306	,012	,000	,000	.
N	Vd	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	depth	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Heigt	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Slope	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Asp	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	CA	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	TWI	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	TPI	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Plan_Cur	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Prof_Cur	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142

**Tabella 30** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (4) è stato utilizzato per l' Equazione 5.

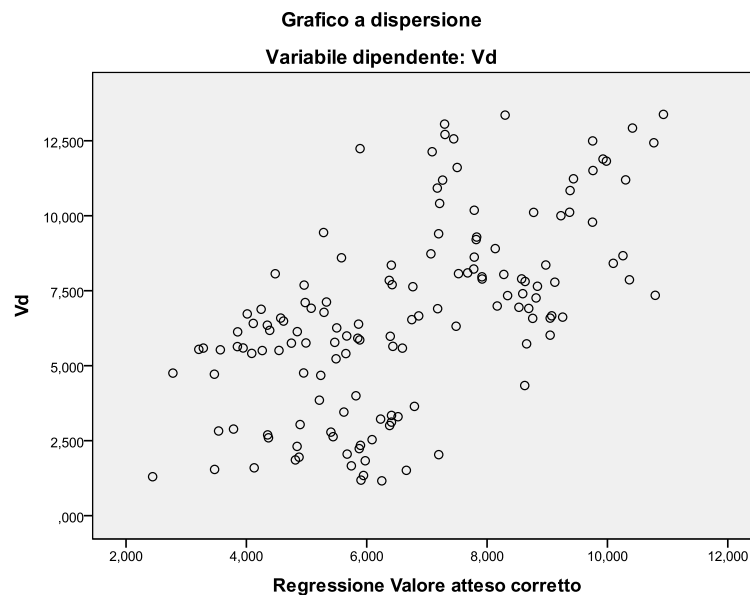
Coefficienti <sup>a</sup>										
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità		
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF	
1	(Costante)	7,441	3,462	2,149	,033	,593	14,289			
	depth	,032	,009	,286	3,808	,000	,016	,049	,783	1,278
	Heigt	-,008	,003	-,393	-,311	,002	-,013	-,003	,277	3,612
	Slope	,065	,023	,279	2,842	,005	,020	,111	,459	2,178
	Asp	,000	,002	-,022	-,222	,825	-,005	,004	,459	2,176
	CA	-3,168E-005	,000	-,420	-,312	,000	,000	,000	,363	2,754
	TWI	-,232	,357	-,099	-,649	,517	-,938	,475	,190	5,263
	TPI	-,839	,377	-,311	-,223	,028	-,1,585	-,092	,225	4,444
	Plan_Cur	-123,573	45,544	-,430	-2,713	,008	-213,664	-33,483	,176	5,686
Prof_Cur	29,500	47,509	,047	,621	,536	-64,477	123,477	,779	1,284	
2	(Costante)	7,253	3,345	2,168	,032	,637	13,869			
	depth	,033	,008	,287	3,850	,000	,016	,049	,787	1,271
	Heigt	-,009	,002	-,410	-4,154	,000	-,013	-,004	,450	2,224
	Slope	,068	,020	,288	3,310	,001	,027	,108	,577	1,734
	CA	-3,169E-005	,000	-,420	-3,827	,000	,000	,000	,363	2,754
	TWI	-,215	,348	-,092	-,619	,537	-,904	,473	,199	5,035
	TPI	-,843	,376	-,313	-2,245	,026	-1,586	-,100	,226	4,432
	Plan_Cur	-121,059	43,953	-,421	-2,754	,007	-207,997	-34,121	,187	5,334
	Prof_Cur	28,370	47,066	,045	,603	,548	-64,724	121,464	,788	1,269
3	(Costante)	7,371	3,331	2,213	,029	,783	13,960			
	depth	,032	,008	,286	3,847	,000	,016	,049	,787	1,270
	Heigt	-,009	,002	-,423	-4,391	,000	-,013	-,005	,471	2,124
	Slope	,070	,020	,299	3,501	,001	,030	,110	,599	1,668
	CA	-3,045E-005	,000	-,404	-3,805	,000	,000	,000	,387	2,584
	TWI	-,228	,347	-,097	-,657	,512	-,913	,458	,199	5,017
	TPI	-,829	,374	-,308	-2,218	,028	-1,569	-,090	,226	4,416
	Plan_Cur	-115,704	42,944	-,402	-2,694	,008	-200,639	-30,769	,195	5,116
	4	(Costante)	5,326	1,178	4,522	,000	2,997	7,654		
depth		,030	,008	,265	3,953	,000	,015	,045	,963	1,038
Heigt		-,008	,002	-,392	-4,650	,000	-,012	-,005	,609	1,641
Slope		,070	,020	,298	3,505	,001	,030	,109	,599	1,668
CA		-3,273E-005	,000	-,434	-4,551	,000	,000	,000	,477	2,096
TPI		-,760	,358	-,282	-2,123	,036	-1,468	-,052	,246	4,063
Plan Cur		-107,529	41,014	-,374	-2,622	,010	-188,642	-26,417	,213	4,687

a. Variabile dipendente: Vd

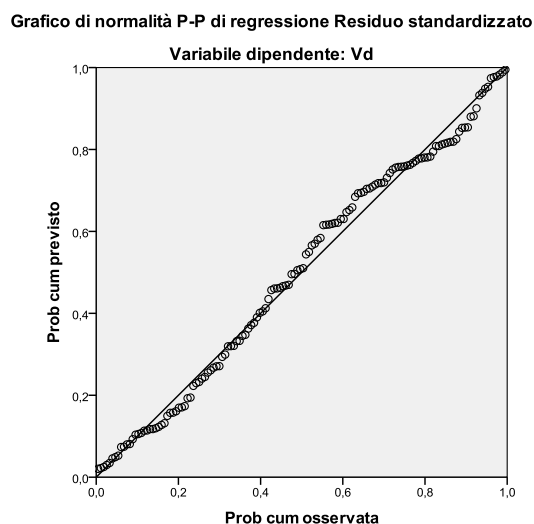
Quindi, è stata ottenuta l'equazione della regressione multipla tra il volume dendrometrico degli orno-ostrieti cedui ed i diversi *Site factors* legati al suolo, alla topografia, alla geomorfologia e di potenziale interesse idrologico, risultati tutti significativi ( $\text{Sig.} \leq 0,05$ ). La costante dell'equazione nel complesso è molto significativa ( $\text{Sig.} < 0,000$ ), inserendo i coefficienti non standardizzati delle variabili indipendenti significative (colonna B) riportati al modello 4 (Tabella 30), avremmo la seguente equazione:

**(Eq. 5)**  $V_d = 5,326 + 0,030 (\text{depth}) - 0,008 (\text{Height}) + 0,07 (\text{Slope}) - 3,273 \times 10^{-5} (\text{CA}) - 0,760 (\text{TPI}) - 107,529 (\text{Plan\_Cur})$

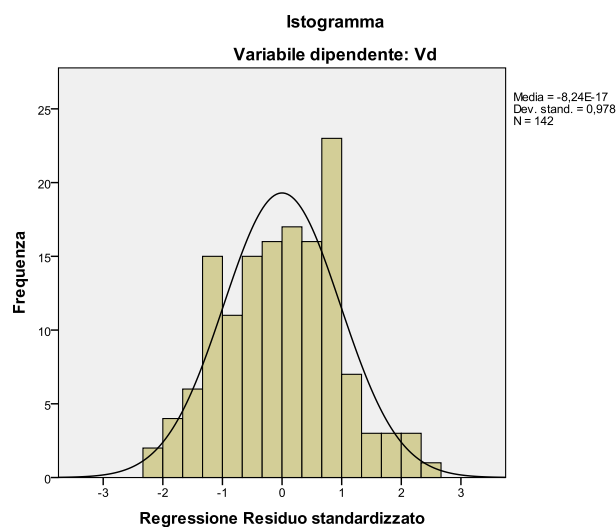
**Grafico 17** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti dei volumi degli orno-ostrieti



**Grafico 18** - Grafico di probabilità normale dei volumi degli orno-ostrieti



**Grafico 19** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo ai volumi degli orno-ostrieti



#### 4.1.1 Relazioni tra forme di paesaggio e volumi dendrometrici

Dall'elaborazione dei dati relativi alle osservazioni puntuali del campionamento pedologico effettuato sugli orno-ostrieti cedui, divisi per ambiente geomorfologico, secondo la classificazione esposta al paragrafo 2.1.1, mediamente i valori più elevati dei volumi sono stati rilevati all'interno dei siti superiori di drenaggio montano (*Upland drainages*) pari a 8,79 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 0,45 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) e all'interno delle vallecole e impluvi poco profondi (*Midslope Drainages*): 8,07 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 3,52 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>). Invece, i valori inferiori dei volumi, sono stati osservati mediamente sui crinali inferiori o secondari (*Midslope Ridges*): 2,72 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 0,15 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) e sulle convessità e Crinali isolati (*Local ridges*): 4,44 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 2,18 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative ai volumi dendrometrici, ripartite per forma di paesaggio.

**Tabella 31** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici degli orno-ostrieti, divise varie forme di paesaggio

Landforms	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Vd (m <sup>3</sup> /400 m <sup>2</sup> )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Midslope Drainages	21	14,79%	8,07	12,37	3,52	0,77	43,59
Upland drainages	3	2,11%	8,79	0,20	0,45	0,26	5,13
U-shape Valleys	12	8,45%	7,81	13,26	3,64	0,52	46,66
Plains	7	4,93%	8,34	18,92	4,35	1,64	52,17
Open Slopes	52	36,62%	5,35	8,02	2,83	0,39	52,90
Upper Slopes	26	18,31%	8,07	5,43	2,33	0,46	28,90
Local Ridges	4	2,82%	4,44	4,76	2,18	1,09	49,17
Midslope Ridges	3	2,11%	2,72	0,02	0,15	0,09	5,44
High ridges	14	9,86%	6,07	0,59	0,77	0,21	12,70
<b>TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>7,68</b>	<b>7,72</b>	<b>2,78</b>	<b>0,30</b>	<b>36,18</b>



#### 4.1.2 Relazioni tra Esposizione e volumi dendrometrici

Dalla divisione delle osservazioni del campionamento pedologico per classi di esposizione, secondo quanto esposto al paragrafo 2.1.2, è stato osservato che i volumi degli orno-ostrieti cedui dell' area in questione, risentono in modo apprezzabile dell' effetto dovuto all' esposizione. I volumi massimi sono stati osservati in siti esposti a NORD, mediamente pari a  $8,19 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$  (Dev. ST  $4,12 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$ ) e quelli minimi in siti esposti a NORD-OVEST, mediamente pari a  $5,57 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$  (Dev. ST  $3,30 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$ ).

**Tabella 32** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici rilevati sugli orno-ostrieti cedui, divise per classi di esposizione

Classe	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Vd ( $\text{m}^3/400 \text{ m}^2$ )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	9	6,34%	7,69	10,93	3,31	1,10	43,01
NORD	51	35,92%	7,28	6,11	2,47	0,35	33,95
NORD-EST	10	7,04%	6,80	10,11	3,18	1,01	46,78
NORD-OVEST	54	38,03%	5,57	10,87	3,30	0,45	59,16
OVEST	8	5,63%	7,39	15,76	3,97	1,40	53,74
SUD	4	2,82%	7,30	2,52	1,59	0,79	21,76
SUD-OVEST	6	4,23%	8,19	16,99	4,12	1,68	50,35
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>8,93</b>	<b>8,28</b>	<b>2,88</b>	<b>0,31</b>	<b>32,24</b>

#### 4.1.3 Relazioni tra Litologia, Suoli e Volumi dendrometrici

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008), le osservazioni campionarie eseguite sugli orno-ostrieti dell' area di studio, rientravano in tre diverse tipologie geolitologiche, i Calcari compatti duri, i depositi di conoide e le breccie (clasti angolosi e schegge).

Le differenze osservate in termini di volumi dendrometrici tra le tre tipologie litologiche, non sono elevate, ma comunque apprezzabili, mediamente comprese tra  $7,04 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$  (Dev. ST  $3,15 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$ ) per i calcari compatti e  $5,05 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$  (Dev. ST  $2,83 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$ ) per le breccie.

**Tabella 33** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici rilevati sugli orno-ostrieti cedui, divise per classe litologica

Litologia	N° Osservazioni	Frequenza	Media Vd ( $\text{m}^3/400 \text{ m}^2$ )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Calcari compatti	112	78,87%	7,04	9,90	3,15	0,30	44,69
Breccie	23	16,20%	5,05	8,02	2,83	0,59	56,12
Depositati di conoide	7	4,93%	6,06	3,75	1,94	0,73	31,97
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>7,68</b>	<b>7,72</b>	<b>2,78</b>	<b>0,30</b>	<b>36,18</b>

In base alla Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), le osservazioni del campionamento pedologico eseguito sugli orno-ostrieti, sono state svolte su quattro differenti tipologie di suoli (Tabella 34).

A differenza della litologia, sono state rilevate differenze molto evidenti tra i volumi dendrometrici massimi rilevati sui *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* in associazione, mediamente pari a  $8,44 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$  (Dev. ST  $2,70 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$ ) e quelli minimi rilevati sui *Typic Haplustands*, mediamente pari a  $4,89 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$  (Dev. ST  $2,87 \text{ m}^3/400 \text{ m}^2$ ).

**Tabella 34** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici rilevati sugli orno-ostrieti cedui, divise per tipologia di suolo

Suoli	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Vd (m <sup>3</sup> /400 m <sup>2</sup> )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	60	42,25%	5,58	7,91	2,81	0,36	50,36
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	59	41,55%	8,44	7,29	2,70	0,35	32,00
Typic Hapludands	19	13,38%	4,89	8,22	2,87	0,66	58,57
Typic Haplustands	4	2,82%	5,24	5,15	2,27	1,13	43,32
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>7,68</b>	<b>7,72</b>	<b>2,78</b>	<b>0,30</b>	<b>36,18</b>

#### 4.2 Discussione in merito alle variazioni della fertilità degli orno-ostrieti cedui

I risultati delle analisi statistiche riguardanti le variazioni dei volumi dendrometrici ( $V_d$ ) degli orno-ostrieti cedui, mostrano che i coefficienti di determinazione delle regressioni lineari multiple sono risultati abbastanza bassi, a riprova che tale tipologia forestale è dotata di uno spiccato carattere pioniero (vedi Cap. 1) e di una maggiore frugalità e plasticità, rispetto alle altre due tipologie forestali esaminate, nei confronti dei suoli, della geomorfologia e delle condizioni topografiche.

Il volume dendrometrico risulta correlato positivamente ed in modo significativo con la profondità del suolo, la *catchment area* e la pendenza; mentre, è correlato negativamente con il TPI, l'altitudine e la curvatura in piano.

In merito alle forme di paesaggio, gli orno-ostrieti cedui più fertili nell'area di studio, si rinvennero in siti superiori di drenaggio montano, vallecicole ed impluvi poco profondi, anche con pendenze sostenute (correlazione positiva tra  $V_d$  vs. slope  $r = 0,116$ ), ma dove i suoli si presentano abbastanza profondi e non eccessivamente erosi (sono stati preferiti i *Typic*

*Melanudands* e *Lithic Hapludands* in associazione), in siti che presentano esposizioni fresche a nord o ad est, evolutisi su calcari compatti duri.

Il fatto che l' altitudine, l' indice topografico di posizione e la curvatura in piano, siano correlati negativamente con il  $V_d$ , ciò conferma la relazione con la geomorfologia e la topografia; infatti, le suddette forme di paesaggio (*Upland drainages* & *Midslope drainages*), dove crescono gli orno-ostrieti più fertili, sono concave e poste a quote inferiori rispetto ai crinali secondari ed alle convessità (*Midslope ridges* & *Local ridges*), che presentano suoli più sottili, più erosi e dove vanno a localizzarsi le formazioni meno fertili. La correlazione positiva e significativa tra la *Catchment area* ed il  $V_d$ , è un' ulteriore prova di coerenza in merito alle forme di paesaggio preferite dagli orno-ostrieti (valori superiori di CA, si osservano in prossimità di impluvi e concavità).

Il fatto che la correlazione tra  $V_d$  e la profondità del suolo sia meno forte ( $V_d$  vs depth  $r = 0,306$ ), rispetto alle correlazioni osservate sia per l'  $H_d$  che per il  $V_d$ <sup>18</sup> del faggio e del castagno, ciò fa presumere che tale tipologia forestale sia dotata di maggiore frugalità edafica rispetto a queste due tipologie forestali e risulta più idonea a crescere su suoli più superficiali e con maggiore pietrosità, rocciosità ed in stazioni caratterizzate da pendenze elevate, come testimonia la correlazione positiva tra il  $V_d$  e la pendenza.

#### **4.3. Regressioni lineari multiple in merito alla profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui**

Anche per la profondità del suolo riguardante gli orno-ostrieti cedui, sono state prodotte delle regressioni lineari multiple, in cui la "*depth*" rappresentava la variabile dipendente e sono state inserite a turno le covariate dendrometriche: il volume ( $V_d$ ) o l' altezza ( $H_d$ ). Quindi, sono state inserite le altre 8 covariate di tipo pedologico, topografico, morfometrico e di potenziale interesse idrologico. Per quanto concerne la regressione in cui è stata inserita l'  $H_d$  tra le variabili indipendenti, il modello in cui tutte le covariate risultavano significative conteneva oltre ad  $H_d$ , la CA, TWI, TPI ed Height, tale regressione ha riportato un  $r^2$  corretto abbastanza basso, pari a 0,207 (modello 5 - Tabella 35).

---

<sup>18</sup> Per le correlazioni e le regressioni multiple riguardanti il volume dendrometrico del faggio si rimanda alla visione del BOX 1 in allegato; invece, per quelle relative al volume dendrometrico del castagno si rimanda al BOX 2 in allegato.

**Tabella 35** - Adattamento del modello, con  $H_d$  tra le variabili indipendenti

**Riepilogo del modello<sup>f</sup>**

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,500 <sup>a</sup>	,250	,199	24,698
2	,500 <sup>b</sup>	,250	,205	24,607
3	,498 <sup>c</sup>	,248	,209	24,538
4	,496 <sup>d</sup>	,246	,213	24,479
5	,484 <sup>e</sup>	,235	,207	24,578

a. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Slope, Prof\_Cur, CA, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

b. Predittori: (Costante),  $H_d$ , Slope, CA, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante),  $H_d$ , CA, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante),  $H_d$ , CA, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

e. Predittori: (Costante),  $H_d$ , CA, TPI, Heigt, TWI

f. Variabile dipendente: depth

Per quanto riguarda la regressione con il  $V_d$  tra le variabili indipendenti, in questo caso la regressione in cui tutte le covariate risultano significative, conteneva:  $H_d$ , CA, TWI, TPI, Height e Plan\_Cur e l'  $r^2$  corretto è risultato abbastanza basso, pari a 0,255 (modello 4 - Tabella 36), ma superiore a quello della regressione in cui è stata selezionata  $H_d$  come variabile dendrometrica indipendente. Il modello in cui tutte le covariate risultavano significative è stato raggiunto eliminando 3 covariate, in ordine: Prof\_Cur, Asp e Slope al quarto step della *backward deletion* (modello 4 - Tabella 36).

La regressione risulta abbastanza significativa: la varianza e l' F di Fisher, spiegati dalla regressione, sono superiori a quelli del residuo (modello 4 - Tabella 37), purtroppo l'  $r^2$  corretto complessivo della regressione risulta abbastanza basso, ma superiore a quello in cui  $H_d$  figurava tra le variabili indipendenti. Quindi, è stato scelto il  $V_d$  come variabile dendrometrica indipendente, per la regressione che spiegasse la profondità dei suoli degli orno-ostrieti cedui.

**Tabella 36** - Adattamento del modello, in cui  $V_d$  figura tra le variabili indipendenti

**Riepilogo del modello<sup>e</sup>**

Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,543 <sup>a</sup>	,295	,247	23,946
2	,542 <sup>b</sup>	,294	,252	23,866
3	,539 <sup>c</sup>	,291	,254	23,834
4	,536 <sup>d</sup>	,287	,255	23,812

a. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Prof\_Cur, Slope, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

b. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Slope, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, Slope, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante),  $V_d$ , CA, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

e. Variabile dipendente: depth

**Tabella 37** - Analisi della Varianza delle regressioni multiple, con la profondità dei suoli degli orno-ostrieti cedui, come variabile dipendente

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	31656,288	9	3517,365	6,134	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	75688,142	132	573,395		
	Totale	107344,430	141			
2	Regressione	31590,109	8	3948,764	6,933	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	75754,320	133	569,581		
	Totale	107344,430	141			
3	Regressione	31226,306	7	4460,901	7,853	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	76118,124	134	568,046		
	Totale	107344,430	141			
4	Regressione	30798,666	6	5133,111	9,053	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	76545,763	135	567,006		
	Totale	107344,430	141			

a. Variabile dipendente: depth

b. Predittori: (Costante), Vd, CA, Prof\_Cur, Slope, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante), Vd, CA, Slope, Asp, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante), Vd, CA, Slope, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

e. Predittori: (Costante), Vd, CA, TPI, Heigt, TWI, Plan\_Cur

Il  $V_d$  è risultata la covariata più correlata alla profondità del suolo, l'  $r$  di *Pearson* di tale correlazione bivariata risulta pari a -0,306 e secondariamente la CA è risultata la variabile più correlate con  $r$  pari a -0,170 (Tabella 38). Nella regressione nel suo complesso, quasi tutte le covariate del modello 4 (Tabella 39) sono risultate molto significative, ovvero hanno riportato una Sig. < 0,01 ( $V_d$ , Height e TWT); mentre, le altre tre covariate della regressione (TPI, Plan\_Cur e CA) sono risultate significative (Sig. < 0,05).

**Tabella 38** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni											
		depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur	Vd
Correlazione di Pearson	depth	1,000	,006	,027	-,135	-,170	,128	,053	,064	-,062	,306
	Heigt	,006	1,000	,604	,587	-,225	-,439	,033	,183	-,094	-,191
	Slope	,027	,604	1,000	,061	-,134	-,224	-,090	,095	,063	,116
	Asp	-,135	,587	,061	1,000	-,102	-,331	,044	,034	-,062	-,230
	CA	-,170	-,225	-,134	-,102	1,000	,714	-,620	-,701	-,043	,006
	TWI	,128	-,439	-,224	-,331	,714	1,000	-,706	-,779	-,190	,300
	TPI	,053	,033	-,090	,044	-,620	-,706	1,000	,849	,291	-,356
	Plan_Cur	,064	,183	,095	,034	-,701	-,779	,849	1,000	,315	-,336
	Prof_Cur	-,062	-,094	,063	-,062	-,043	-,190	,291	,315	1,000	-,104
	Vd	,306	-,191	,116	-,230	,006	,300	-,356	-,336	-,104	1,000
Sig. (1 coda)	depth	.	,474	,377	,055	,022	,065	,265	,225	,233	,000
	Heigt	,474	.	,000	,000	,004	,000	,350	,015	,132	,011
	Slope	,377	,000	.	,236	,056	,004	,144	,131	,228	,084
	Asp	,055	,000	,236	.	,115	,000	,300	,344	,231	,003
	CA	,022	,004	,056	,115	.	,000	,000	,000	,306	,471
	TWI	,065	,000	,004	,000	,000	.	,000	,000	,012	,000
	TPI	,265	,350	,144	,300	,000	,000	.	,000	,000	,000
	Plan_Cur	,225	,015	,131	,344	,000	,000	,000	.	,000	,000
	Prof_Cur	,233	,132	,228	,231	,306	,012	,000	,000	.	,109
	Vd	,000	,011	,084	,003	,471	,000	,000	,000	,109	.
N	depth	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Heigt	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Slope	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Asp	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	CA	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	TWI	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	TPI	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Plan_Cur	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Prof_Cur	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Vd	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142

Quindi, è stata ottenuta l' equazione della regressione multipla tra la profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui ed i diversi *Site factors* legati al suolo, alla topografia, alla geomorfologia e di potenziale interesse idrologico, risultati tutti significativi ( $\text{Sig.} \leq 0,05$ ). La costante dell' equazione nel complesso è molto significativa ( $\text{Sig.} < 0,000$ ), inserendo i coefficienti non standardizzati delle variabili indipendenti significative (colonna B) riportati al modello 4 (Tabella 39), avremmo la seguente equazione:

**(Eq. 6)**  $\text{depth} = -128,455 + 2,874 (V_d) + 0,054 (\text{Height}) - 1,95 \times 10^{-4} (\text{CA}) + 7,346 (\text{TPI}) + 16,561 (\text{TWI}) - 700,175 (\text{Plan\_Cur})$

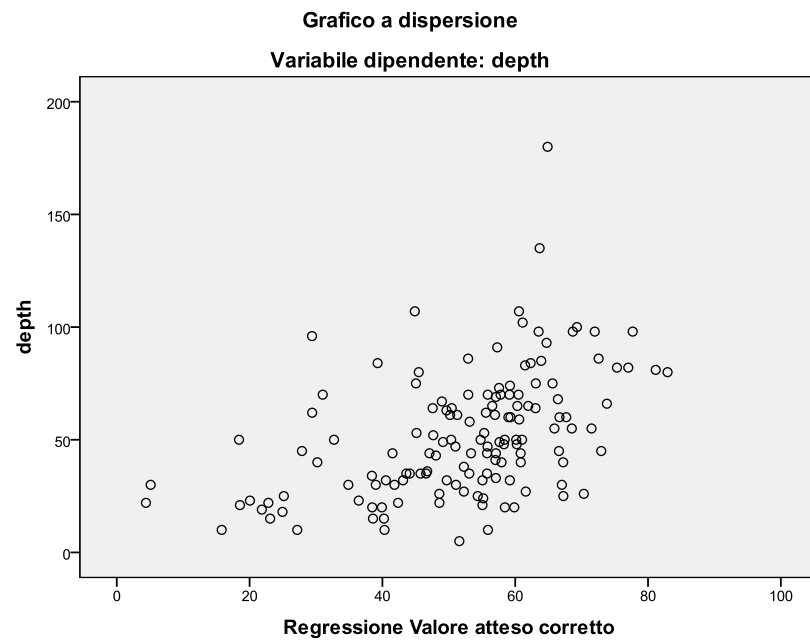
**Tabella 39** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (4) è stato utilizzato per l' Equazione 6.

Coefficienti <sup>a</sup>									
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1 (Costante)	-116,340	32,698		-3,558	,001	-181,020	-51,659		
Heigt	,073	,026	,398	2,852	,005	,022	,124	,274	3,651
Slope	-,235	,229	-,113	-1,025	,307	-,688	,218	,436	2,293
Asp	-,016	,021	-,081	-,754	,452	-,058	,026	,461	2,168
CA	,000	,000	-,270	-2,146	,034	,000	,000	,339	2,954
TWI	15,813	3,193	,764	4,952	,000	9,497	22,130	,225	4,453
TPI	7,005	3,686	,294	1,900	,060	-,286	14,297	,223	4,488
Plan_Cur	725,733	450,423	,286	1,611	,110	-165,247	1616,714	,170	5,888
Prof_Cur	-157,030	462,222	-,028	-,340	,735	-1071,351	757,292	,777	1,287
Vd	3,058	,803	,346	3,808	,000	1,470	4,646	,646	1,547
2 (Costante)	-116,672	32,575		-3,582	,000	-181,104	-52,240		
Heigt	,075	,025	,409	3,013	,003	,026	,125	,288	3,470
Slope	-,251	,224	-,121	-1,122	,264	-,693	,191	,455	2,197
Asp	-,017	,021	-,085	-,799	,426	-,059	,025	,467	2,141
CA	,000	,000	-,281	-2,322	,022	,000	,000	,363	2,753
TWI	15,865	3,179	,766	4,991	,000	9,577	22,153	,225	4,443
TPI	6,930	3,667	,291	1,890	,061	-,324	14,183	,224	4,471
Plan_Cur	691,199	437,341	,272	1,580	,116	-173,843	1556,242	,179	5,588
Vd	3,045	,799	,345	3,809	,000	1,464	4,626	,648	1,544
3 (Costante)	-123,992	31,219		-3,972	,000	-185,737	-62,247		
Heigt	,063	,020	,345	3,152	,002	,024	,103	,442	2,262
Slope	-,176	,203	-,085	-,868	,387	-,577	,225	,552	1,811
CA	,000	,000	-,285	-2,360	,020	,000	,000	,364	2,749
TWI	16,535	3,062	,799	5,399	,000	10,478	22,591	,242	4,134
TPI	6,803	3,659	,286	1,859	,065	-,434	14,039	,224	4,463
Plan_Cur	775,614	423,822	,305	1,830	,069	-62,632	1613,859	,190	5,262
Vd	3,069	,798	,347	3,847	,000	1,491	4,647	,649	1,542
4 (Costante)	-128,455	30,764		-4,176	,000	-189,296	-67,613		
Heigt	,054	,017	,293	3,202	,002	,021	,087	,631	1,585
CA	,000	,000	-,292	-2,433	,016	,000	,000	,366	2,734
TWI	16,561	3,059	,800	5,413	,000	10,511	22,612	,242	4,134
TPI	7,346	3,602	,309	2,040	,043	,223	14,469	,231	4,332
Plan_Cur	700,175	414,428	,276	1,689	,050	-119,435	1519,786	,198	5,041
Vd	2,874	,765	,325	3,758	,000	1,362	4,387	,704	1,420

a. Variabile dipendente: depth

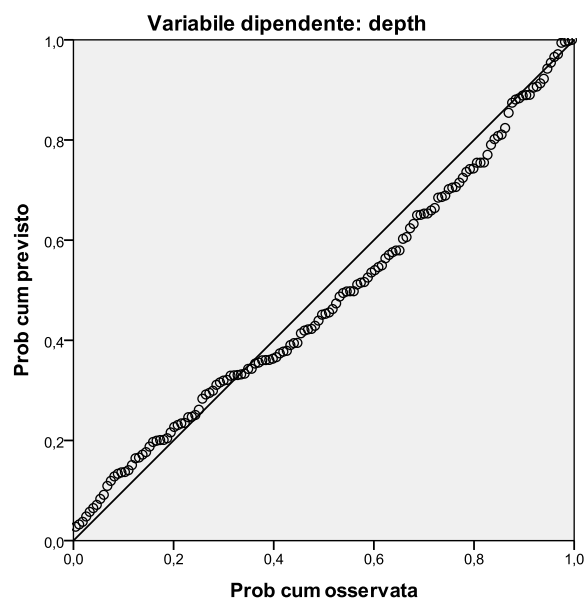


**Grafico 20** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti delle profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui

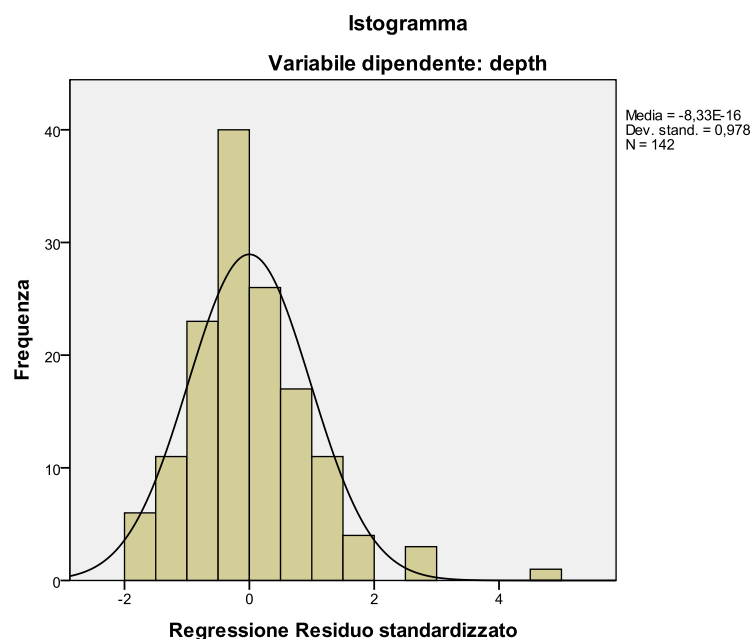


**Grafico 21** - Grafico di probabilità normale della profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui

**Grafico di normalità P-P di regressione Residuo standardizzato**



**Grafico 22** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo alla profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui



#### 4.3.1 Relazioni tra Esposizione e profondità del suolo

Dalla divisione delle osservazioni del campionamento pedologico eseguito sugli orno-ostrieti cedui in classi di esposizione, secondo quanto esposto al paragrafo 2.1.2, è emerso che i suoli più profondi degli orno-ostrieti oggetto di studio, sono stati osservati in siti esposti a NORD, con una *depth* mediamente pari a 60,9 cm (Dev. ST pari a 25,8 cm) e NORD-OVEST dove la profondità media è pari a 53,2 cm (Dev. ST = 28,8 cm). Invece, i suoli più sottili sono stati osservati in zone esposte ad EST, con profondità media pari a 33,1 cm (Dev. ST = 19 cm) e a OVEST dove la profondità media è pari a 38,5 cm (Dev. ST pari a 28,3 cm). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative alla profondità del suolo e all' esposizione.

**Tabella 40** - Statistiche descrittive delle profondità del suolo divise per classi di esposizione, rilevate su orno-ostrieti cedui

CLASSI	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Depth (cm)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	9	6,34%	33,11	362,11	19,03	6,34	57,47
NORD	51	35,92%	60,86	664,80	25,78	3,61	42,36
NORD-EST	10	7,04%	38,80	511,51	22,62	7,15	58,29
NORD-OVEST	54	38,03%	53,15	828,05	28,78	3,92	54,14
OVEST	8	5,63%	38,50	802,57	28,33	10,02	73,58
SUD	4	2,82%	40,75	375,58	19,38	9,69	47,56
SUD-OVEST	6	4,23%	40,67	841,47	29,01	11,84	71,33
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>51,94</b>	<b>761</b>	<b>27,59</b>	<b>2,32</b>	<b>53,13</b>

#### 4.3.2 Relazioni tra Litologia, Suoli e profondità

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008) e a quanto esposto al paragrafo 4.1.3, le osservazioni del campionamento pedologico eseguite sugli orno-ostrieti dell' area di studio, rientravano in tre diverse tipologie geolitologiche.

Le differenze osservate in termini di profondità del suolo, sono molto accentuate tra i suoli evolutisi sui depositi di conoide, mediamente pari a 57,4 cm (Dev. ST 32,3 cm) e quelli sulle brecce, mediamente profondi 24,5 cm (Dev. ST 14,8 cm); mentre, la profondità media dei suoli sui calcari compatti è pari 57,2 cm (Dev. ST 26,1 cm).

**Tabella 41** - Statistiche descrittive delle profondità del suolo rilevate sugli orno-ostrieti cedui, divise per classe di litologia

Litologia	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Depth (cm)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Calcari compatti	112	78,87%	57,22	681,33	26,10	2,47	45,61
Brecce	23	16,20%	24,52	219,26	14,81	3,09	60,39
Depositi di conoide	7	4,93%	57,43	1044,29	32,32	12,21	56,27
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>51,94</b>	<b>761,31</b>	<b>27,59</b>	<b>2,32</b>	<b>53,13</b>

Il campionamento pedologico svolto sugli orno-ostrieti in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009) ed in base a quanto esposto precedentemente (vedi par. 4.1.3), è stato svolto su quattro differenti tipologie di suoli. Dal rilevamento pedologico è risultato, che i suoli più profondi sono risultati i *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* in associazione, mediamente pari a 67,8 cm (Dev. ST 28,3 cm); mentre, quelli più sottili sono risultati i *Typic Hapludands* con una profondità media di 25,2 cm (Dev. ST 15,4 cm).

**Tabella 42** - Statistiche descrittive delle profondità del suolo rilevate sugli orno-ostrieti cedui divise per tipologie di suolo

Suoli	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Depth (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	60	42,25%	46,03	419,35	20,48	2,64	44,49
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	59	41,55%	67,75	799,19	28,27	3,68	41,73
Typic Hapludands	19	13,38%	25,21	236,29	15,37	3,53	60,97
Typic Haplustands	4	2,82%	34,25	112,25	10,59	5,30	30,93
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>51,94</b>	<b>761</b>	<b>27,59</b>	<b>2,32</b>	<b>53,13</b>

#### **4.4. Discussione in merito alle variazioni di profondità del suolo degli orno-ostrieti cedui**

In base a quanto esposto nel capitolo precedente (vedi par. 3.4.1) e da quanto emerso dalle analisi statistiche esposte nei paragrafi precedenti di questo capitolo, riguardanti le variazioni della profondità del suolo, osservate sugli orno-ostrieti cedui del Camposauro, si evince che i suoli più profondi si rinvenivano sui crinali superiori e sui versanti alti esposti a Nord e a Nord-Ovest, sotto soprassuoli con volumi dendrometrici elevati. Quest' ultima evidenza conferma nuovamente anche per questa tipologia boschiva, l' esistenza di una stretta relazione tra la profondità del suolo e la produttività forestale.

Il fatto che la profondità del suolo sia correlata negativamente con la *catchment area* e positivamente con il TPI, ciò giustifica la relazione espressa precedentemente per le forme di paesaggio; infatti, alle zone di crinale ed alto versante corrispondono i valori inferiori di *catchment area* e quelli superiori di TPI. Anche la correlazione positiva con la curvatura in piano indica la possibilità di trovare suoli più profondi in zone convesse ad esempio come i suddetti crinali. La presenza di una correlazione significativa e positiva, ma non "forte" tra l' altitudine e la profondità del suolo, testimonia che i suoli più profondi sono stati osservati lungo i crinali e gli alti versanti, posti più in quota.

Inoltre, la correlazione positiva con il TWI, che rientra tra le variabili significative della regressione (vedi par. 4.4) sembra in forte contrasto con la logica che correla le altre variabili indipendenti con la profondità del suolo.

A differenza di quanto osservato per le altre due tipologie forestali esaminate, sembra che i versanti alti ed i crinali, dove vegetano gli orno-ostrieti oggetto di studio non siano particolarmente erosi.

Infine, la prova che i suoli più profondi sono stati osservati in zone di crinale e secondariamente di alto versante, testimonia che in quest' ultima forma di paesaggio, il governo a ceduo non ha provocato evidenti fenomeni erosivi, seppur tali soprassuoli cedui vegetano su versanti acclivi, con pendenze mediamente pari a circa il 60-65% (vedi Cap. 4, par. 3.2). A conferma di tale affermazione, concorre l' evidenza sperimentale in merito al fatto che, la pendenza non è risultata tra le variabili significative della regressione per la stima della profondità del suolo di tali orno-ostrieti.

Infine, con una regressione lineare multipla, che ha riportato un  $r^2$  corretto abbastanza basso pari a 0,255, i risultati discussi in merito alle variazioni di profondità dei suoli degli orno-ostrieti, devono essere presi in considerazione con la giusta cautela.

## CONCLUSIONI

Dalle evidenze sperimentali di questo lavoro, è emerso che le faggete (governate a fustaia), tra le tre formazioni forestali esaminate, sono risultate la tipologia boschiva più correlata con i diversi *Site Factors*: pedologici, topografici, geomorfologici e di potenziale interesse idrologico. L' altezza dendrometrica ( $H_d$ ) delle faggete è risultata più correlata ai suddetti *Site Factors*, rispetto al volume dendrometrico ( $V_d$ ). Ciò viene testimoniato soprattutto dal risultato della regressione multipla finale (con l' *adjusted*  $r^2$  più elevato), in cui l'  $H_d$  delle faggete ha riportato un'  $r^2$  corretto pari a 0,658. Tale risultato è dovuto alle grandi esigenze del faggio nei confronti dei fattori, pedologici, topografici e geomorfologici (vedi Cap. 1).

L' applicazione dei modelli regressivi multipli sui cedui castanili, ci fa capire, che tale formazione forestale è meno suscettibili del faggio al controllo dei fattori topografici, morfologici e pedologici, ma nel complesso le regressioni multiple per l'  $H_d$  (variabile dipendente), hanno riportato buoni risultati. Anche per il castagno la regressione multipla finale, ovvero quella in cui è stato *adjusted*  $r^2$  più elevato, è risultata quella relativa all'  $H_d$ , pari a 0,503.

Tali risultati ottenuti per la definizione e la scelta delle metrica forestale più idonea ad esprimere la fertilità forestale delle fustaie di faggio e dei cedui di castagno, rispecchiano quanto si riporta in letteratura nel definire il *Site Index* (vedi Cap. 1 - par. 6), come l' altezza raggiunta dagli alberi di una determinata specie ad una certa età, in funzione di determinati *Site Factors* che caratterizzano una stazione forestale.

Invece, la formazione boschiva meno esigente per quanto riguarda la pedologia, la topografia e la geomorfologia è risultato l' orno-ostrieto ceduo, ma anche in questo caso il modello di regressione multipla ha riportato dei risultati incoraggianti. Per tale tipologia forestale, a differenza di faggio e castagno, la regressione multipla con l' *adjusted*  $r^2$  migliore, pari a 0,388, è risultata quella finale relativa al volume dendrometrico ( $V_d$ ).

Tali risultati sono coerenti con quanto si riporta in letteratura, sulle esigenze ecologiche relative alle specie forestali esaminate (Giordano, 2002; Bernetti, 1995).

Il castagno è una specie meno esigente del faggio nei confronti delle condizioni pedoclimatiche, cedui giovani di castagno (15-25 anni), in stazioni dotate di buona fertilità, possono raggiungere notevoli accrescimenti medi annui (Marziliano *et al.*, 2013), anche in contesti geopedologici simili e geograficamente vicini all' area di studio (La Marca, 1981), ma resta sempre una specie molto selettiva nei confronti dei substrati e dei suoli.

Gli orno-ostrieti hanno confermato la loro plasticità nei confronti del suolo e delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche e topografiche; infatti, sia il carpino nero che l' orniello sono specie che presentano un marcato carattere pioniere, idonee a crescere anche su suoli calcarei, sottili ed in stazioni caratterizzate da elevate pendenze, con pietrosità diffusa, rocciosità affiorante e sottoposte a disturbi (vedi Cap. 1).

Pertanto, i soprassuoli di faggio del Camposauro essendo adulti (presenza di novellame e rinnovazione) e governati a fustaia sono degli ecosistemi più stabili rispetto alle due formazioni cedue indagate ed il faggio stesso risulta una specie molto esigente nei riguardi delle condizioni edafiche di un sito.

Altri risultati importanti, in un' ottica di gestione territoriale ed ambientale integrata, soprattutto per quanto concerne, la prevenzione dal dissesto idrogeologico e la conservazione del suolo, sono rappresentati dall' equazioni previsionali relative alla profondità del suolo. Le regressioni multiple hanno riportato buoni risultati, soprattutto per quanto riguarda i suoli delle faggete dove l'  $r^2$  corretto relativo alla variabile dipendente: "profondità del suolo", è risultato abbastanza elevato, pari a 0,604, in questo caso  $H_d$  è risultata la covariata più correlata alla profondità del suolo ( $r_{Pearson} = 0,634$ ) ed è tra quelle più significative ( $p < 0,01$ ).

Risultati incoraggianti sono stati ottenuti anche per l' equazioni previsionali relative alla variabile dipendente profondità del suolo dei cedui di castagno, dove l'  $r^2$  corretto della regressione è risultato pari a 0,401;  $H_d$  è risultata la covariata più correlata ( $r_{Pearson} = 0,497$ ) e più significativa ( $p < 0,01$ ). Questi risultati evidenziano una forte relazione tra fertilità forestale e spessore dei suoli.

Anche se i risultati ottenuti sono molto importanti, si rendono necessari ulteriori approfondimenti, per perfezionare i modelli regressivi proposti, come stime più precise dell' età media dei soprassuoli indagati (Socha *et al.*, 2016), che non si basino solo su stime



effettuate tramite la fotointerpretazione e sulle informazioni assestamentali dei boschi indagati, ma soprattutto sulla lettura delle carote legnose prelevate direttamente in bosco, al fine di svolgere stime dell'età e degli accrescimenti medi annui dei fusti (Farrelly *et al.*, 2011; Farrelly *et al.*, 2011; Dunbar *et al.*, 2002) lungo i transetti pedologici esaminati. Inoltre, per aumentare la precisione dei modelli regressivi proposti e la scala di applicazione, si rende necessario integrare tali modelli, inserendo e prendendo in considerazione tra i *Site Factors*, anche le variabili climatiche.

I punti forti di tali modelli, risiedono nell'aver prodotto dei risultati affidabili (vedi Test ANOVA - Cap. 5) e con buoni coefficienti di correlazione e determinazione. Inoltre, i modelli regressivi prodotti sono di facile replicabilità, sia in fase di pianificazione territoriale e forestale che in fase di progettazione delle utilizzazioni forestali, soprattutto in aree protette ed in aree che presentano problemi di dissesto idrogeologico, come l'area oggetto di studio, che rientra per circa il 78,17% nel Parco Regionale del Taburno-Camposauro, in Siti SIC e ZPS (84,30%) ed è stata interessata dalle recenti e gravi frane dell'ottobre 2015 (vedi Cap. 2).

Inoltre, tali regressioni multiple potrebbero essere utilizzate per la valutazione ex-ante di piani e programmi di rimboschimento, piani di riassetto idraulico del territorio, piani di prevenzione dal dissesto idrogeologico, pianificazione delle filiere dei prodotti legnosi ed in caso di Valutazioni di incidenza e Valutazioni di impatto ambientale e non sono da escludersi le stime dei danni e le controversie giudiziarie.

La profondità del suolo oltre ad essere il parametro pedologico che spiega meglio la fertilità forestale (vedi Capitolo 3), è un parametro molto semplice da misurare, che non richiede attrezzature costose e difficili da utilizzarsi, stimabile senza difficoltà anche da tecnici agronomi e forestali liberi professionisti ed impiegati in Enti pubblici che si occupano di gestione forestale, Vincolo Idrogeologico ed Aree Protette. Attualmente i vari Enti che si occupano di ambiente, i Centri Cartografici Nazionali e Regionali, sono dotati di DEM e DTM con scale molto dettagliate e risoluzioni da 20 m a scendere (Es. DTM prodotti dalle CTR 1:5.000), disponibili anche gratuitamente. Quindi, si potrebbero stimare i valori del volume e dell'altezza dendrometrica, anche non avendo a disposizione tali stime LiDAR spazializzate. Inoltre, in questo lavoro le analisi GIS sono state svolte utilizzando software GIS *Open source*: Quantum GIS e SAGA.

In previsione nel prossimo futuro di una maggiore diffusione della tecnologia LiDAR a seguito dell'abbattimento progressivo dei suoi costi, tramite l'utilizzo di sensori aerotrasportati da droni: UAVs e mini- UAVs (Yang & Chen, 2015), le regressioni relative

alla profondità del suolo, ottenute in questo lavoro, potrebbero essere prese in considerazione per creare modelli, che a partire dai DTM, parametri della DTA e stime dendrometriche, siano in grado di produrre stime delle profondità del suolo sempre più precise ed accurate.

## Riferimenti Bibliografici

### A

- AFIF-KHOURI E., P. ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, M. J. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. OLIVEIRA-PRENDES and A. CÁMARA-OBREGÓN (2011): Influence of climate, edaphic factors and tree nutrition on site index of chestnut coppice stands in north-west Spain. *Forestry*, Vol. 84, No. 4. doi:10.1093/forestry/cpr025 Advance Access publication date: 22 June 2011
- AMATO A., CINQUE A. (1999): Erosional landsurfaces of the Campano-Lucano Apennines (S. Italy): genesis, evolution and tectonic implications. *Tectonophysics*, n° 315: pp. 251-267.
- ANGELINI A., MATTIOLI W., MERLINI P., CORONA P., PORTOGHESI L., 2013: Empirical modelling of chestnut coppice yield for Cimini and Vicani mountains (Central Italy). *Annals of Silvicultural Research*, n° 37: pp. 7-12. [http:// dx.doi.org/10.12899/asr-749](http://dx.doi.org/10.12899/asr-749)
- APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (2008): Carta Geologica della Campania 1:50.000; *Cartografia allegata al Piano Territoriale Regionale*, (L.R. n. 13 del 13 ottobre 2008)
- AVOLIO S. (2003): Schede monografiche delle specie forestali calabresi peculiari: Il Faggio. *Volume "Foreste di Calabria". Grafiche Ghiani*, Cagliari: 257-259.

### B

- BARKA I., VLADOVIC J., MALIS F. (2011): *Landform classification and its application in predictive mapping of soil and forest units*. GIS Ostrava 23.1.2011; 11 pp.
- BACKER J.B. & BROADFOOT W.M. (1979): A practical field method of site valuation for commercially important southern hardwood. *Forest Service USDA, Gen. Tech. Rep., SO-26, South. For. Exp. Stn., New Orleans, US*.
- BAGNARESI, U., BERNETTI, G., CANTIANI, M., & HELLRIGL, B. (1986). Nuove metodologie nella elaborazione dei piani di assestamento dei boschi. *ISEA, Bologna*.
- BARBATI A., FERRARI B. , ALIVERNINI A., QUATRINI A., MERLINI P., PULETTI N., CORONA P., (2014): Sistemi forestali e sequestro del carbonio in Italia. *L'Italia Forestale e Montana*, n° 69 (4): pp. 205-212. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2014.4.01>

- BARKA I., VLADOVIC J., MALIS F. (2011): Landform classification and its application in predictive mapping of soil and forest units. GIS Ostrava 23.1.2011: 11 pp.
- BARNES B.V., PREGITZER K.S., SPIES T.A., SPOONER T.H. (1982): Ecological Forest Sites Classification. *Journal of Forestry*, 80, 8: pp. 493-500.
- BECKER M. & LEVY G. (1988): A propos du dépérissement des forêts: climat, sylviculture, et vitalité de la sapinière vosgienne. *Revue Forest. Franç.*, Vol. XL, n° 5: pp. 345-358.
- BERGOMI C., MANFREDINI M., MARTELLI G. (1975): Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 173 (Benevento). Servizio Geologico d'Italia: 166 pp.
- BERNETTI G. (2004): I nomi delle fasce (o piani) di vegetazione. L'Italia Forestale e Montana; Vol. 59, n° 5: 403 - 407 pp.
- BERNETTI G. (1995): Selvicoltura speciale. UTET, Torino; pp. 1-171
- BETTINGER P., BOSTON K., SIRY J. P., GREBNER D. L. (2010): Forest management and planning. *Academic press*.
- BEVEN K. J., KIRKBY M. J., SCHOFIELD N. & TAGG, A. F. (1984): *Testing a physically-based flood forecasting model (TOPMODEL) for three UK catchments*. Journal of Hydrology n° 69(1-4): pp. 119-143.
- BOCK J., DAMBRINE E., DEZ G., DUPOUEY J. L., GEORGES-LEROY M., JOLLY A., F.S.R.V. MARTINS, RENAUD, J. P. (2009): Towards site index mapping in deciduous stands using multi-echo LIDAR data. In *IUFRO Division 4 Meeting—“Extending Forest Inventory and Monitoring over Space and Time May 2009*: pp. 19-26.
- BOOTH, T.H., SAUNDERS, J.C., 1985. Applying the FAO guidelines on land evaluation for forestry. *Forest Ecology and Management* n° 12: pp. 129-142.

## C

- CANTIANI Mario (1957): Tavola alsometrica delle fustaie coetanee di faggio dell'Irpinia. *L'Italia forestale e montana*, n° 12 (1957): pp. 226-239.
- CANTIANI, Maria (1984): Il trattamento selvicolturale delle faggete dei Monti Picentini. *Studi sulla vegetazione e sul trattamento selvicolturale delle faggete dei monti Picentini*. Tip. Coppini, Firenze: pp. 21-37.
- CAPPELLI M. (1991): Selvicoltura generale. *Edagricole, Bologna, IT*.
- CIANCIO O. & NOCENTINI S. (2004): Il bosco ceduo: selvicoltura-asestamento-gestione. Accademia italiana di scienze forestali.
- CIANCIO O. & IOVINO F. (1995): I sistemi forestali e la conservazione del suolo. I Georgofili. *Atti dell'accademia dei Georgofili. Anno 1994 “Global Change”: Il verde per la difesa ed il ripristino ambientale. Settima Serie, Vol. XLI*: pp. 85-146.

- CIMMERY V. (2010): SAGA User Guide, updated for SAGA version 2.0.5. Vol. 1, Grid Tools - Resampling & Shapes Grid - Add grid Values to points.
- COMMISSIONE EUROPEA (2002): Verso una strategia tematica per la protezione del suolo. COM (2002): 179.
- CONA F., VELLA M., SAULINO L., QUATTROCCHI M., MIGLIOZZI A. (2013): Carta delle tipologie forestali della Valle Telesina; *prodotta nell' ambito del Progetto di ricerca LIFE - SoilConsWeb*
- CORONA P., SCOTTI R., TARCHIANI N., (1998): Relationship between environmental factors and site index in Douglas-fir plantations in central Italy ELSEVIR - *Forest Ecology and Management* (110): pp. 195 -210
- COSTANTINI E.A.C. (2007): Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici, CRA-ABF, Firenze, Italia, pp. XV, 280.
- COSTANTINI E.A.C. (2006): La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification). *In: Costantini, E.A.C. (Ed.), Metodi di valutazione dei suoli e delle terre, Cantagalli, Siena, pp. 922.*
- CRISTOFOLINI, F. (1981): Conversione in fustaia dei cedui dell'Italia settentrionale. *Annali-Accademia italiana di scienze forestali*, n° 30: pp. 87 - 113.

## **D**

- de PHILIPPIS A. (1937): Classificazioni ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana, Tipografia Mariano Ricci, Firenze.
- DEL GALDO I., SIX J., PERESSOTTIA., COTRUFO M.F. (2003): Assessing the impact of land-use change on soil C sequestration in agricultural soils by means of organic matter fractionation and stable C isotopes. *Global Change Biology*, n° 9: 1204-1213. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00657.x>
- DEL PRETE M., GUADAGNO F. M. AND HAWKINS A. B.(1998): Preliminary report of the landslides of 5 May 1998, Campania, southern Italy, *Bull. Eng. Geol. Env.*, n° 57: pp.113-129
- DENT D. & YOUNG A., (1981): Soil survey and land evaluation. *George Allen & Unwin, London.*
- DIMASE A.C. & IOVINO F. (1988): Capacità d'uso dei suoli dei bacini idrografici del Trionto, Nicà e torrenti limitrofi (Calabria). CNR, *Istituto di Ecologia e Idrologia Forestale. Cosenza. Pubblicazione n. 4*: pp. 1- 56.
- DUNBAR A., NI DHUBHAIN A., BULFIN M. (2002): The productivity of Douglas fir in Ireland. *Forestry* n° 75 (5):pp. 537-545.

## **E**

- EICHHORN F. (1902): Ertragstafeln für die Weistanne. *Verlag von Julius Springer*, VII + 81 pp. + Anhang.
- ERIKSSON C.P. & HOLMGREN P. (1996): *Estimating stone and boulder content in forest soils-evaluating the potential of surface penetration methods*. Catena n° 28: pp. 121-134.

## **F**

- FAO (1985): Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. *Soils Bulletin 55, Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.
- FAO (1984): Land evaluation for forestry. *Forestry Paper*, 48, Roma.
- FONTAINE, M., AERTS, R., ÖZKAN, K., MERT, A., GÜLSOY, S., SÜEL, H., MUYS, B. (2007): *Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of southern Anatolia, Turkey*. *Forest Ecology and Management*, n° 247(1): pp. 18-25.
- FREEMAN, T. G. (1991): *Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid*. *Computers & Geosciences* n° 17: pp. 413-422.
- FARRELLY N., NI DHUBHÁIN A., NIEUWENHUIS M., GRANT J., (2011): The distribution and productivity of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) in Ireland in relation to site, soil and climatic factors. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(2): 265-278
- FARRELLY N., BULFIN M., RADFORD T., (2002): Using geographical information systems and field classification methods to establish relationships between site, climatic factors and growth of Sitka spruce in Co. Mayo, Ireland. *Proceedings of FAO/ECE/ILO seminar on afforestation in the context of sustainable forest management. Ennis, Co. Clare Ireland*. 15-September-2002: pp. 191-207.

## **G**

- GATZIOLIS, D. (2007): LiDAR-derived site index in the US Pacific Northwest- *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, September 12-14, 2007, Finland*.
- GARCÍA M., RIAÑO D., CHUVIECO E., DANSON F.M. (2010): Estimating biomass carbon stocks for a Mediterranean forest in Spain using height and intensity LiDAR data. *Remote Sensing of Environment* n° 114: pp. 816-830.
- GENTILE S. (1969): Sui faggeti dell' Italia Meridionale. *Atti Istituto Botanico e Laboratorio Crittogamico, dell' Università di Pavia*. S. 6, n° 5: pp. 207-306.
- GIORDANO, A., (2006): Conifere forestali: Abete bianco, Abete rosso, Larice e Pino silvestre. *In: Costantini, E.A.C. (Ed.), Metodi di valutazione dei suoli e delle terre, Cantagalli, Siena*: pp. 820-853
- GIORDANO A. (2002): Pedologia forestale e conservazione del suolo. *UTET*, 2002: pp. 1-364.
- GIORDANO A., GIOVANETTI G., DE VECCHI P.G., (1988): Definition of land types and site index of black locust coppices (Piedmont, Italy). *EC seminar on wood technology, Munich, 14-15, April, 1987*.
- GUISAN A., WEISS S.B., WEISS A.D. (1999): GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* n° 143: pp. 107-122.

## **H**

- HAM S. (2013): Temporal Analysis of Field, SSURGO, and LiDAR Derived Site Indices in the Southeastern U.S. *All Theses*. Paper 1588.



HARGREAVES G.L., HARGREAVES G.H., RILEY J.P. (1985): *Agricultural benefits for Senegal River basin*. J of Irr and Drain. Engen., Asce, n° 111, 113-124 pp.

HELICA srl (2011): Rilievo Laser Scan e Aerofotogrammetrico. Val Telesina (BN) - Relazione Tecnica

HOFMANN A. (1991): Il faggio e le faggete in Italia. *Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Collana Verde*: pp. 1-83.

HÖFLE B. & PFEIFER N. (2007): Correction of laser scanning intensity data : Data and model driven approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 62, pp. 415-433.

## **I**

IBM SPSS Statistics Ver. 21 (2012): Capitolo 16 - Regressione Lineare. *IBM SPSS Statistics Base 21*: pp. 101-111

INFC, 2005: Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio: Dossier Tematico. *Corpo Forestale dello Stato – Ispettorato Generale*, Roma: pp. 1 - 31.

IOVINO F. & MARCHETTI M. (2010): Selvicoltura: conservazione del suolo, risorse idriche, lotta alla desertificazione. *L' Italia Forestale e Montana, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze*. Anno LXIV – n° 4: pp. 235- 248.

IOVINO, F., & NICOLACI, A. (2009). La gestione forestale nelle aree ad elevata vulnerabilità dei suoli in Campania. *Annali dell' Accademia Italiana di Scienze Forestali*, n° 57: pp. 71-109.

IPCC, (2003): Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. *Institute for Global Environmental Strategies*.

## **J**

JENNESS J. (2006): *Topographic Position Index (tpi\_jen.avx)* extension for ArcView 3.x, v. 1.3a. Jenness Enterprises. Available at: <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>

JUTZI, B. & GROSS, H. (2009): *Normalization of LiDAR Intensity Data Based on Range and Surface Incidence Angle*. In Proceedings of Laserscanning 2009, Paris, France, 1–2 September 2009; In IAPRS; 2009; Volume 38, pp. 213-218.

## **K**

KLEBER M., MIKUTTA C., JAHN R. (2004): Andosols in Germany-pedogenesis and properties. *Catena* n° 56: 67–83.

KLINGEBIEL A.A., MONTGOMERY P.H. (1961): Land capability classification. *USDA Agricultural Handbook 210, US Government Printing Office, Washington, DC*.

- KOBAL M., GRČMAN B. H., ZUPAN M., LEVANICA T., PRIMOŽ S., KADUNC A., HLADNIK D. (2011): Influence of soil properties on silver fir (*Abies alba* Mill.) growth in the Dinaric Mountains. *Forest Ecology and Management* n° 337: pp. 77–87
- KODANI E., TARUMI A., AWAYA Y. (2010): Estimating forest productivity of manmade coniferous forest stands using low density LiDAR. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8*, Kyoto Japan: pp. 628-630.
- KOLSTRÖM M., LINDNER M., VILÉN T., MAROSCHEK M., SEIDL R., LEXER M. J., NETHERER S., KREMER A., DELZON S., BARBATIA., MARCHETTI M., CORONA P., (2011): Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European forestry. *Forests* n° 2: pp. 961-982. <http://dx.doi.org/10.3390/f2040961>

## L

- LA MARCA O. (1981): Ricerche dendrometriche ed auxometriche sui cedui di castagno (*Castanea sativa* Mill.) Della Valle Dell' Irno (Av e Sa). *Annali-Accademia italiana di scienze forestali*.
- LEGGE QUADRO SULLE AREE PROTETTE (394/1991): Titolo II - art. 12, comma 2
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATIA., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTRÖM M., LEXER M. J., MARCHETTI M., 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, n° 259 (4): pp. 698-709. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>

## M

- MAGLIULO P. (2005): Quaternary deposits and geomorphological evolution of the Telesina Valley (Southern Apennines). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, n° 28: pp. 125-146.
- MANCINI F. (1977): Pedologia; in lineamenti della Montagna Italiana. *Carta della Montagna Vol. I, Aquater (ex-Geotecnico)*. Ministero dell' Agricoltura - Roma.
- MANCINI F. (1960): Profilo pedologico descritto nella Foresta Demaniale del Taburno. In *Carta dei suoli di Italia, Agricoltura*, anno IX.
- MANETTI M. C., AMORINI E., BECAGLI C., CONEDERA C. AND GIUDICI F. (2001): Productive potential of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) stands in Europe. *For. Snow Landsc. Res.* n° 76, 3: pp. 471–476
- MARCHETTI M. (2009): Selvicoltura e risorse idriche, ovvero boschi e buona acqua. Nuova funzione o nuova consapevolezza? In: Ciancio O. (a cura di), *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura (Taormina, 16-19 Ottobre 2008)*. *Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze*. Volume I: pp. 437-441.
- MARZILIANO P.A., IOVINO F., MENGUZZATO G., SCALISE C., NICOLACI A., (2013): Aspetti dendroauxometrici, assortimentali e caratteristiche della necromassa in cedui di castagno. *Forest@* n° 10: pp. 14-25 [online 2013-02-04] URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor0839-010>

MCPFE & UNECE/FAO (2007): State of Europe's Forests 2007: The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe. Varsavia, 2007.

MIGLIOZZI A., (2012): Carta di copertura ed uso del suolo in scala nominale 1:2000 - Progetto LIFE SoilConsWeb

MIZOTA, C. & VAN REEUWIJK, L.P. (1989): Clay Mineralogy and Chemistry of Soils Formed in Volcanic Material in Diverse Climatic Regions. International Soil Reference and Information Centre, Soil Monograph 2, Wageningen, the Netherlands.

## N

NANZYU M., SHOJI S. & DAHLGREN R. (1993): *Physical characteristics of volcanic ash soils. In: Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties and Utilization* (S. Shoji, M. Nanzyo and R. Dahlgren, Eds.), Development in Soil Science, vol. 17, Elsevier, Amsterdam: pp. 189-201.

## O

O'CALLAGHAN J. F. & MARK D. M. (1984): *The extraction of drainage networks from digital elevation data*. Computer vision, graphics, and image processing, n° 28(3): pp. 323-344.

OLAYA V. (2004): *A gentle introduction to SAGA GIS*. Edition 1.1 — Rev. December 9 2004. 7.9 Resampling a grid, 76-78 pp.

OSMAN K.T. (2013): Forest Soils: Properties and Management. *Springer*: pp. 1-211

OZENDA (1985): La vegetation de la Chaîne Alpine. *Masson edit.*

## P

PAGLIAI M., (2009): Qualità del suolo per una selvicoltura sostenibile. In: Ciancio O. (a cura di), Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura (Taormina, 16-19 Ottobre 2008). *Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze*. Volume I: pp. 454-459.

PAN Y., BIRDSEY R.A., FANG J., HOUGHTON R., KAUPPIE., KURZ W.A., PHILLIPS O.L., SHVIDENKO A., LEWIS S.L., CANADELLJ.G., CIAIS P., JACKSON R.B., PACALA S., MCGUIRE A.D., PIAO S., RAUTIAINEN A., SITCHS., HAYES D., (2011): A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* n° 33: pp. 988-993. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1201609>

PARDE', L. (1961). Dendrometrie. *Edition de l'ENEF*.

PAVARI A. (1916): Studio preliminare sulla coltura di specie forestali esotiche in Italia", in Annali del R. Istituto Superiore Forestale Nazionale - I, 7-221 pp.

PEDROTTI F. (1965): Censimento di ambienti umidi meritevoli di protezione: i piani carsici dell'Appennino umbro-marchigiano. *Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia*, ser, 6(1), 141-158.

PIGNATTI S. (1979): I piani di vegetazione in Italia. *Giornale Botanico Italiano*, n° 113: pp. 411-428.

PRETZSCH H. (2009): Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model. *Springer*.

PRITCHETT W. L. & FISCHER R. F. (1987). Properties and Management of Forest Soils. *J Wiley Sons*: pp. 1-494.

## **Q**

QUEZEL P. (1985) Definition of the mediterranean region and the origin of its flora: Gomez-Campo C.L. - Plant conservation in the Mediterranean Area. Junk edit.

QUINN P. F. B. J., BEVEN K., CHEVALLIER P., PLANCHON, O. (1991): *The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models*. Hydrological processes, n° 5(1): pp. 59 - 79.

## **R**

RALSTON C. W. (1967): Identification et cartographie des types des stations en vue du boisement. *FAO, Colloque International sur les peuplements forestiers artificiels et leur importance industrielle*, Camberra 14-25/4/1967.

ROMANYÀ, J., VALLEJO V.R. (2004): Productivity of *Pinus radiata* plantations in Spain in response to climate and soil. *Forest Ecology and Management* n° 195: pp. 177-189

## **S**

SANESI G. (1977): Guida alla descrizione del suolo - Prog. Fin.«Conservazione del suolo» CNR, Pubbl., 1977, 11; pp.1-114.

SANESI G. (1962): Osservazioni sulle caratteristiche e l'evoluzione dei suoli della foresta di Campigna (Forlì). Relazioni con la vegetazione forestale. *Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali* n° 11: pp. 97-137.

SCHLESINGER W.H. (1995): Soil respiration and changes in soil carbon stocks. In: *Woodwell G.M., Mackenzie F.T. (eds.), "Biotic Feedbacks in the Global Climate System"*. Oxford University Press: pp. 159-168.

SHAKER A., YAN W.Y., EL-ASHMAWY N. (2011): The effects of laser reflection angle on radiometric correction of airborne LiDAR intensity data. In Proceedings of ISPRS Workshop Laser Scanning 2011, Calgary, Canada, August 2011;

SINDOU C. & MADECLAIRE A., (1986): Le melè ze d'Europe sur les plateaux calcaires de Lorraine. *Rev. For. Franç.* XXXVIII n° 5: pp. 439-449.

SIT V. & POULIN-COSTELLO M. (1994): Catalog of curves for curve fitting. *BC Ministry of Forests Biometrics Information Handbook* N°. 4: pp. 1 - 110.

SKOVSGAARD J.P. & VANCLAY J.K. (2013): Forest site productivity: a review of spatial and temporal variability in natural site conditions!. *Forestry*, vol. 86, no. 3: pp. 305-315.

- SMALLEY G.W. (1982): Classification and evaluation of forest sites on the Mid Cumberland Plateau. *Exp. Stn., New Orleans, US.*
- SMALLEY G.W. (1991): Classification and evaluation of forest sites on the Natchez trace State Forest. *USDA South. For. Exp. Stn, New Orleans, US.*
- SOCHA J., COOPS N.C., OCHAL W. (2016): Assessment of age bias in site index equations. iForest (early view). – doi: 10.3832/ijfor1548-008 [online 2016-01-11]
- SOIL SURVEY STAFF (2006): Keys to Soil Taxonomy (Tenth Edition), USDA, Natural Resources Conservation Service, Washington D.C., USA: pp. 1 - 332. [Online] [http://soils.usda.gov/technical/classification/tax\\_keys/keys.pdf](http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/keys.pdf) (verificato il 16/11/2007).
- SOIL CONSERVATION SERVICE (1975): Soil Survey of Gunnison area, Colorado, US Department of Agriculture, Colorado Experimental Station, Washington D.C. USA.
- STEELE, R., COOPER S.V., ONDOV, D.M. ROBERTS D.W., PFISTER, R.D. (1983): Forest habitat type of Eastern Idaho, Western Wyoming. Tech. Rep. INT 144, *Intermountain Forest and Range Exp. Stn, Ogden US.*

## T

- TABACCHI G., DI COSMO L., GASPARINI P., MORELLI S. (2011): Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione, tavole del volume e tavole della fitomassa arborea epigea. *Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento*: pp. 1 - 415.
- TERRIBILE, F., AGRILLO, A., BONFANTE, A., BUSCEMI, G. , COLANDREA, M., D' ANTONIO, A., DE MASCELLIS, R., DE MICHELE, C., LANGELLA, G., MANNA, P., MAROTTA, L., MILETI, F.A., MINIERI, L., OREFICE, N., VALENTINI, S., VINGIANI, S., AND BASILE, A. (2015): A web based spatial decision supporting system for land management and soil conservation; *Solid Earth*, N. 6: pp. 903–928, 28 July 2015 - ISSN: 1869-9510. doi:10.5194/se-6-903-2015
- TERRIBILE F., DI GENNARO A., CORAGGIO S., DE MASCELLIS R., FERRUZZI T., LARUCCIA N., MAGLIULO. P. RIVIECCIO R., SARNATARO M., VINGIANI S. (2009): Note Illustrative - Carta dei Suoli della Valle Telesina (1:50.000): *RACCOLTA DI 10 CARTE PEDOLOGICHE DELLA REGIONE CAMPANIA. Assessorato all'Agricoltura, Settore Sirca, Regione Campania, Stampa System Cart di Roma.*
- TERRIBILE, F., DI GENNARO, A., ARONNE, G., BASILE, A., BUONANNO, M., MELE, G., & VINGIANI, S. (2000): I suoli delle aree di crisi di Quindici e Sarno: aspetti pedogeografici in relazione ai fenomeni franosi del 1998. *Quaderni di Geologia Applicata*, n° 7: pp. 81-95.

## U

- UBALDI, D. (1971): Lineamenti della vegetazione di Vergato (Valle del Reno) ai fini della cartografia della vegetazione. *Arch. Bot. Biogeogr. Ital*, n° 47(3-4):pp. 91-106

USDA (1980): Tassonomia del suolo; Edizione italiana della *Soil Taxonomy* a cura di Celso Giovanotti. *Edagricole Bologna*: pp. 1-855.

USDA (1998): Keys to Soil Taxonomy. 8<sup>th</sup>. *Edition NRSC*: pp. 1-325.

## **V**

VALENTINI S. (2014): Carta della Viabilità Forestale della Valle Telesina, prodotta nell' ambito del Progetto di ricerca LIFE - SoilConsWeb

VALENTINI S. (2013): Valutazione contingente e Learning bid Design Stima monetaria di quattro beni ambientali del Parco Nazionale del Pollino; *Sberwood n. 194 - giugno 2013*; *Compagnia delle Foreste Arezzo (AR)*: pp. 35-40 - ISSN: 1590-7805

VAN DIEPEN C.A., VAN KEULEN H., WOLF J., BERKHOUT J.A.A., (1991): Land evaluation: from intuition to quantification. *In: Advances in Soil Science, Stewart, B.A., (Ed.), Springer, New York*, 139-204.

VAN WAMBEKE A. R (2000): The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture & temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences. *Cornell University, Ithaca, NY USA*.

VINGIANI S. (2014): I suoli ed i paesaggi della terra dei fuochi, della Valle Telesina e dell' Irpinia. *Guida alle Giornate Pedologiche SIPE 2014*: pp. 1-96.

VINGIANI S. & TERRIBILE S. (2007): *Soils of the detachment crowns of Ischia landslides (Italy)*. Italian Journal of Engineering Geology and Environment n° 2 (2007); 51-63 pp.

## **W**

WARING R. H. , MILNER K. S., JOLLY W.M., PHILLIPS L., MCWETHY D. (2006): Assessment of site index and forest growth capacity across the Pacific and inland Northwest U.S.A. with a MODIS satellite-derived vegetation index. *Forestry and Ecology Management n° 228*: pp. 285–291

WEISS A.D. (2000): Topographic Position and Landforms Analysis. Poster - The Nature Conservancy

WICHMANN V. & BECHT M. (2005): Modelling of geomorphic processes in an alpine catchment. *GeoDynamics*: pp. 151-167.

WILSON J.P. & GALLANT, J.C. (2000): *Terrain Analysis - Principles and Applications*. John Wiley, Hoboken, N. J., Chap. 1 (2000), 1-27 pp.

WRB (WORLD REFERENCE BASED FOR SOIL RESOURCES) (2006): A framework for international classification, correlation and communication. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*

WULDER M.A., WHITE J.C., NELSON R.F., NAESSET E., ORKA H.O., COOPS N.C., HILKER T., BATER C.W., GOBAKKEN T. (2012): Lidar sampling for large-area forest characterization: a review. *Remote Sensing of Environment*, n° 121: pp. 196-209.



WULDER M. A., BATER C. W., COOPS N. C., HILKER T., WHITE J. C. (2008): The role of LiDAR in sustainable forest management. *The Forestry Chronicle*, 84(6): pp. 807-826.

## **X**

## **Y**

YANG B. & Chen C. (2015). Automatic registration of UAV-borne sequent images and LiDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, n° 101: pp. 262-274.

## **Z**

ZAWAWI A. A., SHIBA M., JEMALI NJN (2014): Landform Classification for Site Evaluation and Forest Planning: Integration between Scientific Approach and Traditional Concept. *Sains Malaysiana* 43.3: pp. 349-355.

ZEVENBERGEN L. W. & THORNE C. R. (1987): Quantitative analysis of land surface topography. *Earth surface processes and landforms*, n° 12(1): pp. 47-56.

### **Siti Web consigliati:**

DSS Progetto di Ricerca LIFE SoilConsWeb: <http://www.landconsultingweb.eu/>

Geoportale Nazionale: <http://www.pcn.minambiente.it/GN/>

<http://www.igmi.org/voli/>

## **ALLEGATO 1**

**Descrizione morfologica trivellate prelevate sui cedui di castagno**

## **ALLEGATO 2**

**Descrizione morfologica trivellate prelevate su fustaie di faggio**

## **ALLEGATO 3**

**Elenco dei Saggi di Profondità campionati sugli orno-ostrieti cedui con coordinate e principali parametri topografici**

## **ALLEGATO 4**

**Elenco dei Saggi di Profondità campionati sulle fustaie di faggio con coordinate e principali parametri topografici**

## **ALLEGATO 5**

**Elenco dei Saggi di Profondità campionati sui cedui di castagno con coordinate e principali parametri topografici**

## **BOX 1**

**Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico del Faggio e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica**

## **BOX 2**

**Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico del castagno e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica**

## **BOX 3**

**Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica degli orno-ostrieti e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica**

# **ALLEGATO 1 - Descrizione morfologica trivellate prelevate sui cedui di castagno**

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizion e (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T1a	466950 - 4559005	948	38	357	5,852	8,44	A	0	25	Non calcareo	Scarsamente Andico	10YR 2/2	0%	FL
							AB	25	32	Non calcareo	Andico	10YR 3/2	2%	F
							Bw1	32	45	Molto Scarsamente calcareo	Scarsamente Andico	10YR 3/3	0%	SF
							Bw2	45	60	Non calcareo	Andico	10YR 4/3	0%	FS
							Bw3	60	90	Non calcareo	Andico	10YR 4/4	0%	SF
							R	90+						
T1b	467003 - 4559022	947	37	333	6,865	8,35	A1	0	5	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/1	0%	SF
							A2	5	25	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	0%	FS
							Bw1	25	40	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/6	0%	FS
							Bw2	40	70	Molto Scarsamente Calcario	Andico	10 YR 4/3	0%	SF
							R	70+						
T1c	467028 - 4559049	937	41	334	2,263	4,44	A1	0	5	Non calcareo	Andico	10 YR 2/1	<1%	SF
							A2	5	25	Non calcareo	Molto andico	10 YR 2/2	<1%	F
							Bw1	25	40	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	SF
							Bw2	40	70	Molto Scarsamente Calcario	Andico	10 YR 4/3	<1%	FS
							R	70+						
T2a	467186 - 4558846	1045	26	27	10,119	12,20	A1	0	10	Molto scarsamente calcario	Scarsamente Andico	10 YR 2/2	1-2%	F
							A2	10	20	Molto scarsamente calcario	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							Bw1	20	40	Molto scarsamente calcario	Andico	10 YR 3/4	<1%	FS
							Bw2	40	70	Molto scarsamente calcario	Andico	10 YR 3/6	<1%	SF
							R	70+						
T2b	467133 - 4558885	1034	38	31	8,884	9,66	A	0	10	Non calcareo	Molto Scarsamente andico	7,5 YR 3/2	<1%	SF
							AB	10	25	Non calcareo	Andico	10YR 3/4	<1%	AS
							Bw1	25	40	Non calcareo	Molto Andico	10YR 3/3	<1%	F
							Bw2	40	70	Non calcareo	Andico	10YR 3/6	<1%	AL
							R	70+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T2c	467087 - 4558899	1032	33	15	3,238	4,94	A1	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/1	<1%	S
							A2	10	30	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	SF
							AB	30	40	Non calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	FS
							Bw	40	70	Molto Scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 4/2	<1%	A
							R	70+						
T3a	467019 - 4559139	885	31	356	4,801	7,21	A1	0	10	Non calcareo	Molto Scarsamente andico	10YR 2/1	<1%	SF
							A2	10	40	Non calcareo	Scarsamente Andico	10YR 2/2	<1%	SF
							AB	40	60	Non calcareo	Andico	10YR 3/4	<1%	FS
							Bw1	60	80	Non calcareo	Molto Andico	10YR 4/4	<1%	FS
							BW2	80	110	Non calcareo	Scarsamente Andico	10YR 3/6	<1%	FS
T3b	467074 - 4559146	881	34	7	6,571	8,80	A1	0	15	Molto scarsamente calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/2	<1%	SF
							A2	15	30	Molto scarsamente calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	F
							Bw1	30	50	Molto scarsamente calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	SF
							Bw2	50	80 +	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FS
T3c	467113 - 4559148	872	34	18	8,645	10,33	A1	0	5	Non calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 2/1	1-2%	SF
							A2	5	30	Molto scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	FS
							AB	30	45	Non calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FS
							Bw1	45	70	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	SF
							Bw2	70	100+	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	<1%	F
T4a	467087 - 4559448	714	28	2	6,279	9,79	A1	0	30	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							A2	30	40	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/3	<1%	FL
							AB	40	60	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	SF
							Bw1	60	75	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/6	<1%	F
							Bw2	75	110	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	<1%	FS
							Bw3	110	130	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							Bw4	130	190 +	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	AL

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T4b	467039 - 4559417	731	26	357	2,451	6,71	A1	0	30	Non calcareo	Andico	10 YR 3/2	< 1%	FS
							A2	30	45	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/3	< 1%	SF
							AB	45	60	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 4/3	< 1%	FA
							Bw1	60	90	Non calcareo	Molto scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1%	FAL
							Bw2	90	120 (+)	Non calcareo	Scarsamente Andico	7.5 YR 3/4	< 1%	FAL
T4c	466980 - 4559417	732	23	357	6,778	9,04	A1	0	15	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	< 1%	FS
							A2	15	30	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/3	< 1%	FS
							A3	30	50	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	< 1%	AS
							AB	50	80	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	< 1%	FAL
							Bw	80	90	Molto scarsamente calcareo	Non Andico	10 YR 4/3	< 1%	AL
T4d	466939 - 4559405	736	24	8	8,908	10,42	A1	0	30	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	< 1%	FL
							AB	30	40	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	< 1%	FAS
							Bw1	40	70	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	< 1%	FL
							Bw2	70	85	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/2	< 1%	FAL
							Bw3	85	110	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/3	< 1%	FL
							Bw4	110	130	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	< 1%	FA
							Bw5	130	170	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/4	< 1%	FA
							Bw6	170	200 +	Non Calcareo	Non Andico	10 YR 4/6	< 1%	AL
T5a	467065 - 4559481	696	38	2	6,843	9,33	A1	0	20	Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/2	< 1%	S
							A2	20	35	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	< 1%	FL
							AB	35	55	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	< 1%	FAL
							Bw	55	70	Molto scarsamente Calcareo	Non Andico	10 YR 3/3	< 1%	FAL
							R	70+						
T5b	467063 - 4559479	696	38	2	6,620	9,14	A1	0	15	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 2/2	< 1%	S
							A2	15	30	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	< 1%	FAS
							AB	30	60	Non Calcareo	Non Andico	10 YR 3/3	< 1%	FAS
							R	60+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T5c	467082 - 4559477	701	43	5	7,411	9,32	A	0	20	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/3	<1%	FS
							AB	20	35	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/3	<1%	SF
							Bw1	35	80	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/2	<1%	FAS
							Bw2	80	150	Non Calcarea	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	<1%	F
							Bw3	150	180 +	Non Calcarea	Molto scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FL
T5d	467107 - 4559463	706	29	5	10,850	12,86	A	0	20	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/2	<1%	SF
							AB1	20	35	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							AB2	35	60	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 3/6	<1%	SF
							Bw1	60	110	Molto Scarsamente Calcarea	Molto Andico	10 YR 3/6	<1%	FS
							Bw2	110	150+	Non Calcarea	Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FAL
T5e	467127 - 4559469	702	34	3	9,392	10,84	A1	0	10	Non calcarea	Scarsamente Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	S
							A2	10	25	Non calcarea	Scarsamente Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	FS
							AB	25	40	Non calcarea	Andico	10 YR 3/2	<1%	FL
							Bw1	40	50	Non calcarea	Andico	10 YR 3/4	<1%	FA
							Bw2	50	90	Non calcarea	Andico	10 YR 3/4	<1%	AS
							Bw3	90	120+	Scarsamente Calcarea	Molto scarsamente andico	10 YR 4/4	<1%	AS
T5f	467144 - 4559453	710	27	4	6,912	9,87	A1	0	10	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 3/4	<1%	S
							A2	10	20	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 2/2	<1%	SF
							AB	20	30	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 3/4	<1%	SF
							Bw1	30	50	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 3/4	<1%	SF
							Bw2	50	90+	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/6	<1%	FAL
T6a	467236 - 4559387	730	27	28	8,204	10,32	A1	0	25	Molto Scarsamente Calcarea	Molto Andico	7.5 YR 3/2	5%	F
							A2	25	40	Scarsamente Calcarea	Andico	10 YR 3/2	1%	AS
							A3	40	62	Calcarea	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	3%	FAS
							AB	62	90	Scarsamente Calcarea	Andico	10 YR 4/3	7%	SF
							AB/C	90	100	Calcarea	//	10 YR 3/3	20%	AS
							R	100+						



Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T6b	467248 - 4559350	743	37	354	6,443	9,85	A1	0	45	Molto Scarsamente Calcarea	Andico	10 YR 2/1	<1%	FAL
							A2	45	58	Molto Scarsamente Calcarea	Molto Andico	Y10R 3/2	<1%	FL
							Bw	58	80	Molto Scarsamente Calcarea	Andico	10YR 3/3	<1%	AS
							R	80+						
T6c	467252 - 4559332	751	25	349	8,894	11,82	A1	0	25	Non Calcarea	Molto Andico	10YR 3/2	<1%	FAS
							A2	25	40	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 4/3	<1%	FL
							AB	40	65	Non Calcarea	Andico	10 YR 4/3	<1%	FL
							Bw1	65	85	Molto Scarsamente Calcarea	Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							Bw2	85	105	Non Calcarea	Scarsamente Andico	10 YR 4/2	<1%	FL
							Bw3	105	140	Non Calcarea	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	AL
							Bw4	140	150	Scarsamente Calcarea	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	AL
							R	150+						
T6d	467256 - 4559280	774	25	357	9,499	14,48	A1	0	5	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/2	<1%	SF
							A2	5	23	Molto Scarsamente Calcarea	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							AB	23	45	Molto Scarsamente Calcarea	Molto Andico	10 YR 4/2	<1%	FS
							Bw1	45	65	Non Calcarea	Andico	10 YR 4/3	<1%	AS
							Bw2	65	80	Non Calcarea	Andico	5 YR 4/2	<1%	FAL
							Bw3	80	130	Non Calcarea	Molto Scarsamente Andico	5 YR 4/3	<1%	FAL
							Bw4	130	145	Non Calcarea	Andico	10 YR 4/4	<1%	AL
							R	145+						
T7a	466901 - 455931	777	24	344	9,903	11,45	A	0	23	Non calcarea	Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							Bw1	23	60	Non calcarea	Non Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							Bw2	60	90	Non calcarea	Non Andico	10 YR 3/4	<1%	FL
							R	90+						
T7b	466931 - 4559307	783	23	348	9,920	11,15	A	0	10	Non Calcarea	Andico	10 YR 2/2	<1%	FS
							AB	10	15	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							Bw1	15	45	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/4	<1%	SF
							Bw2	45	60	Non Calcarea	Molto Andico	10 YR 4/3	<1%	FAS
							Bw3	60	80	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/4	<1%	FL
							Bw4	80	100	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/4	<1%	FA
							Bw5	100	120	Non Calcarea	Andico	10 YR 3/6	<1%	FAL
							R	120+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T7c	466972 - 4559321	777	30	359	8,578	10,75	A	0	10	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/3	< 1%	F
							Bw1	10	40	Non calcareo	Andico	10 YR 3/4	< 1%	FL
							Bw2	40	60	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1%	AL
							R	60+				10 YR 3/2	< 1%	SF
T8a	466928 - 4559298	785	30	347	10,641	11,59	A1	0	10	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	< 1%	SF
							A2	10	20	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 4/3	< 1%	SF
							AB	20	40	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	< 1%	FA
							Bw1	40	60	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	< 1%	FAS
							Bw2	60	75	Non calcareo	Andico	10 YR 3/4	< 1%	FL
							Bw3	75	100	Non calcareo	Non Andico	10 YR 4/4	< 1%	FA
							Bw4	100	110	Non calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1%	FA
							R	110+						
T8b	46693 - 4559330	778	22	358	8,590	10,60	A1	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/2	< 1%	SF
							A2	10	25	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/3	< 1%	SF
							AB	25	40	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 3/4	< 1%	SF
							Bw1	40	60	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/6	< 1%	FAS
							Bw2	60	100	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1%	FS
							Bw3	100	140	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/6	< 1%	FAL
							Bw4	140	170	Molto Scarsamente Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	< 1%	FAL
							Bw5	170	200+	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/6	< 1%	FA
T9a	467352 - 4559721	626	17	338	7,784	10,88	A	0	10	Non Calcareo	Non Andico	10 YR 2/3	< 1%	FL
							Bw1	10	45	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	< 1%	FA
							Bw2	45	55	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/3	< 1%	FL
							Bw3	55	80	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/2	< 1%	FA
							Bw4	80	110	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	< 1%	FAL
							Bw5	110	130 +	Non Calcareo	Non Andico	10 YR 4/2	< 1%	FAL

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizion e (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T9b	467341-4559682	634	10	359	5,038	8,31	A1	0	20	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							A2	20	40	Non Calcareo	Molto scarsament e Andico	10 YR 4/3	<1%	FS
							Bw1	40	70	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 4/2	<1%	FAL
							Bw2	70	100	Non Calcareo	Molto scarsament e Andico	10 YR 4/3	<1%	FL
							Bw3	100	130 +	Non Calcareo	Molto scarsament e Andico	10 YR 3/2	<1%	FL
T9c	467348 - 4559664	637	11	336	5,272	8,17	A1	0	20	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/3	<1%	AL
							A2	20	40	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							AB	40	65	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw1	65	90	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	AL
							Bw2	90	130 +	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/3	<1%	L
T9d	467323 - 4559663	638	15	47	6,052	8,49	A	0	15	Non Calcareo	Non andico	10 YR 3/4	<1%	F
							Bw1	15	35	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 4/4	<1%	FAL
							Bw2	35	75	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw3	75	100	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/6	<1%	FA
							Bw4	100	120 +	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	F
T9e	467340 - 4559631	647	18	47	6,922	8,95	A	0	20	Non Calcareo	Scarsament e andico	10 YR 3/2	<1%	FL
							Bw1	20	40	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw2	40	65	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FA
							Bw3	65	85 +	Non Calcareo	Molto andico	10 YR 3/4	<1%	AL
T9f	467358 - 4559608	652	12	346	7,215	9,92	A	0	18	Non Calcareo	Molto scarsament e Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							Bw1	18	50	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 4/6	<1%	L
							Bw2	50	80 +	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	FL
T10e	466756 - 4559286	786	27	347	11,717	13,07	A	0	20	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	F
							AB	20	40	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							Bw1	40	70	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FA
							Bw2	70	100	Non Calcareo	Molto Andico	10 YR 4/4	<1%	FA
							Bw3	100	120+	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/6	<1%	FAL
T10f	466787 - 4559308	776	23	8	10,434	11,42	A	0	10	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	FA
							AB	10	20	Non Calcareo	Non Andico	10 YR 4/2	<1%	FAL
							Bw1	20	40	Non Calcareo	Non Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							R	40+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T10g	466781-4559369	753	21	358	10,752	13,11	A1	0	20	Non Calcareao	Andico	10 YR 2/2	<1%	S
							A2	20	40	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	<1%	S
							AB	40	60	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							Bw1	60	85	Non Calcareao	Molto Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							Bw2	85	110	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw3	110	140+	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/6	<1%	AL
T10h	466805-4559385	750	15	3345	10,321	13,34	A1	0	20	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	<1%	S
							A2	20	50	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							A3	50	80	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	<1%	FL
							AB	80	120	Non Calcareao	Molto Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							Ab	120	160	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	<1%	FS
							Bwb1	160	190	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	AS
							Bwb2	190	200+	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
T10i	466776-4559324	771	21	3	11,676	12,66	A	0	25	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							Bw1	25	50	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/4	<1%	AL
							Bw2	50	80	Non Calcareao	Andico	10 YR 4/4	<1%	FAL
							Bw3	80	120+	Non Calcareao	Andico	10 YR 4/6	<1%	FAL
T11a	466702-4559221	824	30	330	8,994	10,16	A	0	10	Non Calcareao	Molto Scarsamente andico	10 YR 2/2	1-5%	F
							AB	10	40	Non Calcareao	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							Bw1	40	60	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw2	60	80	Non Calcareao	Molto Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw3	80	100	Non Calcareao	Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FAL
							R	100+						
T11b	466729-4559209	840	32	331	9,484	11,10	A1	0	15	Non Calcareao	Scarsamente Andico	10 YR 3/2	<1%	FAS
							A2	15	35	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
							Bw1	35	50	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw2	50	70	Scarsamente Calcareao	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	AS
							R	70+						
T11c	466767-4559191	850	28	347	8,201	10,36	A	0	10	Non Calcareao	Scarsamente Andico	10 YR 2/2	1-5%	S
							AB	10	40	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	4-5%	F
							BW	40	70	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
							C	70	90	Molto Calcareao	Non Andico	Irregolare	70-80 %	//
							R	90+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T11d	4667801-4559156	860	30	352	6,250	8,12	A	0	10	Non Calcareao	Molto Scarsamente e Andico	10 YR 2/2	1-2%	SF
							Bw1	10	20	Non Calcareao	Andico	2.5 YR 3/3	<1%	FA
							Bw2	20	45	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/4	<1%	FA
							Bw3	45	80	Molto scarsamente calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							R	80+						
T11d'	466751-4559147	861	29	330	8,116	9,96	A	0	15	Non calcareao	Molto Scarsamente e Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	F
							Bw1	15	35	Non calcareao	Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							Bw2	35	55	Non calcareao	Andico	10 YR 3/4	<1%	FA
							Bw3	55	90	Molto scarsamente calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 4/4	1-2%	FAL
							R	90+						
T12a	467229-4559390	729	27	28	7,493	9,90	A	0	20	Non calcareao	Molto andico	10 YR 3/2	<1%	FL
							Bw	20	40	Scarsamente Calcareao	Molto Andico	10YR 4/4	<1%	FS
							C	40	60	Molto Calcareao	//	Irregolare	100%	//
							R	60+						
T12b	467215-4559342	754	28	35	6,555	8,24	A	0	18	Non calcareao	Molto Andico	10 YR 3/2	<1%	FA
							AB	18	35	Non calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 3/3	<1%	SF
							Bw1	35	60	Non calcareao	Andico	10 YR 4/3	<1%	FA
							Bw2	60	80	Non calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 3/4	<1%	FA
							BC	80	100	Calcareao	//	10 YR 4/4	<1%	FAL
							R	100+						
T12c	467215-4559326	761	28	37	7,831	9,61	A1	0	20	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	< 1%	FA
							A2	20	35	Non Calcareao	Molto Scarsamente e Andico	10 YR 3/3	0,02	FA
							Bw1	35	60	Non Calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 4/3	< 1%	FL
							Bw2	60	75	Molto Scarsamente Calcareao	Molto Scarsamente e Andico	10 YR 4/2	< 1%	L
							R	75+						
T12d	467215-4559298	773	29	31			A	0	28	Non Calcareao	Andico	10 YR 3/2	<1%	FL
							AB	28	50	Non Calcareao	Molto Andico	10 YR 3/3	<1%	AL
							Bw1	50	80	Molto Scarsamente Calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 3/4	<1%	FAS
							Bw2	80	105	Molto Scarsamente Calcareao	Scarsamente e Andico	10 YR 3/6	<1%	L
							Bw3	105	140	Molto Calcareao	//	10 YR 4/3	<1%	L
							R	140+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T13a	467163 - 4559268	798	29	26	8,271	10,82	A	0	10	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 3/2	<1%	F
							AB	10	40	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	F
							Bw1	40	60	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
							Bw2	60	90	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FA
							R	90+						
T13b	467136 - 4559289	795	25	17	9,248	11,07	A	0	10	Non calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	SF
							AB	10	30	Non calcareo	Molto Andico	10 YR 4/3	<1%	F
							Bw1	30	45	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FAS
							Bw2	45	65	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	AS
							Bw3	65	80	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							R	80+						
T13c	467089 - 4559290	799	33	3	10,506	11,96	A	0	20	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	FAS
							Bw1	20	35	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/4	<1%	FAS
							Bw2	35	50	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	FA
							Bw3	50	80	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bw4	80	120	Non Calcareo	Molto Scarsamente Andico	10 YR 4/4	<1%	AS
							Bw5	120	160	Non Calcareo	Molto Scarsamente	10 YR 4/3	<1%	AS
							R	160+						
T14a	466084-4560051	601	22	3	7,085	9,29	A	0	10	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	1-5%	F
							AB	10	30	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 3/3	<1%	FA
							Bw1	30	55	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							Bw2	55	70	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	FL
							Bw3	70	90	Molto Scarsamente Calcareo	Molto scarsamente andico	10 YR 4/4	<1%	FAL
							Bw4	90	105+	Molto Scarsamente Calcareo	Molto scarsamente andico	10 YR 4/6	<1%	FAL



Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel )	Altezza pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenza a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T14b	466116 - 4560051	601	29	348	8,656	10,89	A	0	20	Scarsamente calcareo	Scarsamente andico	10 YR 3/2	1-5%	FL
							AB	20	32	Molto Scarsamente calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							Bw1	32	50	Molto Scarsamente calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	FL
							Bw2	50	75	Non calcareo	Scarsamente andico	10 YR 4/3	<1%	FL
							Bw3	75	100+	Non calcareo	Scarsamente andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
T14c	466152 - 4560037	608	5	358	8,584	9,88	A	0	20	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsamente andico	10 YR 3/2	1-5%	F
							Bw1	20	40	Molto Scarsamente Calcareo	andico	10 YR 4/4	<1%	FAS
							R	40+						
T15a	466121 - 4559878	645	30	14	9,073	10,37	A	0	3	Non calcareo	Molto scarsamente andico	10 YR 3/2	<1%	FS
							AB	3	25	Non calcareo	Scarsamente andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
							Bw1	25	40	Non calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	FAL
							Bw2	40	70	Non calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	AL
							Bw3	70	95+	Non calcareo	Andico	10 YR 5/6	<1%	FAL
T15b	466058 - 4559900	636	30	350	7,538463508	9,91	A	0	15	Molto Scarsamente Calcareo	Molto scarsamente andico	10 YR 3/3	<1%	SF
							AB	15	35	Non Calcareo	Scarsamente andico	10 YR 3/3	<1%	F
							Bw1	35	55	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	F
							Bw2	55	80	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	FL
							Bw3	80	100	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/6	<1%	FL
							R	100+						

## ALLEGATO 2 - Descrizione morfologica trivellate prelevate su fustaie di faggio

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T1a	467105 - 4558461	1154	23	255	20,473	19,49	A1	0	10	Non calcareo	Molto Scarsament e Andico	5YR 2.5/2	<1%	FS
							A2	10	30	Non calcareo	Scarsament e Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FAS
							A3	30	45	Non calcareo	Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	FS
							AB1	45	70	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
							AB2	70	90	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
							AB3	90	120	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
							Bw1	120	140	Non calcareo	Andico	7.5 YR 3/3	<1%	FAL
							Bw2	140	155	Non calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
T1b	467007 - 4558500	1127	34	252	18,615	18,02	A	0	10	Non Calcareo	Scarsament e Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FS
							A2	10	20	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FAS
							Bw1	20	50	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	AL
							Bw2	50	65	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							Ab	65	75	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
							Bwb1	75	95	Non Calcareo	Molto andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
							Bwb2	95	120	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
							Bwb3	120	155	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAL
T1c	467096 - 4558422	1149	16	258	18,247	19,34	Bwb4	155	200+	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							A	0	20	Non calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	F
							Bw1	20	45	Non calcareo	Molto andico	10 YR 3/3	<1%	FS
							Bw2	45	60	Non calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FAS
							Bw3	60	85	Scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FL
							Bw4	85	100	Scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 3/4	<1%	FL
							R	100+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T1d	467128 - 4558404	1159	22	249	13,229	13,54	AB	0	20	Molto scarsamente calcareo	Non Andico	10 YR 3/3	<1%	FL
							Ab1	20	35	Scarsamente calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/3	<1%	FLS
							Ab2	35	65	Molto Scarsamente calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 4/3	<1%	FAL
							Ab3	65	85	Molto Scarsamente calcareo	Scarsament e Andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
							R	85+						
T2a	466865 - 4558414	1095	31	28	19,536	19,28	A1	0	20	Non calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 3/3	<1%	F
							A2	20	40	Non calcareo	Andico	7.5 yr 3/2	<1%	F
							AB	40	60	Non calcareo	Andico	7.5 yr 3/2	<1%	F
							Bw1	60	80	Non calcareo	Andico	7.5yr 2.5/2	<1%	F
							Bw2	80	100	Non calcareo	Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FAL
							Bw3	100	130	Molto scarsamente calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 4/3	<1%	A
							R	130+						
T2b	466968 - 4558407	1122	22	303	13,372	14,57	A	10	20	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 yr 2/2	<1%	FS
							Bw1	10	30	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	FAS
							Bw2	30	40	Molto scarsamente Calcareo	Andico	7.5 yr 3/4	<1%	FAS
							Bw3	40	55	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FA
							Bw4	55	70	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 2.5/3	<1%	FAL
							Bw5	70	90	Molto Scarsamente Calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FAL
							Bw6	90	110	Non Calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FAL
							R	110+						
T2c	466995 - 4558400	1128	8	299	14,476	15,90	A	1	10	Molto Scarsamente calcareo	Scarsament e andico	10YR 2/1	<1%	SF
							Bw1	10	30	Non calcareo	Andico	10YR 2/2	<1%	SF
							Bw2	30	50	Non calcareo	Andico	10YR 3/4	<1%	FS
							Abb	50	65	Non calcareo	Scarsament e Andico	10YR 4/4	<1%	FS
							R	65+						

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T2d	467045 - 4558434	1137	23	260	22,253	21,50	A1	2	10	Non Calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	FA
							A2	10	20	Non Calcareo	Andico	10 yr 3/3	<1%	FAS
							AB1	20	50	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 2.5/3	<1%	FAS
							AB2	50	70	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	FA
							Bw1	70	90	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FA
							Bw2	90	110	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FA
							Bw3	110	135	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 4/3	<1%	A
							Bw4	135	160	Molto scarsamente calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 4/4	<1%	FAL
							Bw5	160	185	Non calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 4/3	<1%	FAL
							Bw6	185	200	Non calcareo	Andico	7.5 yr 4/3	<1%	AL
							Bw7	200	210+	Non calcareo	Andico	7.5 yr 4/4	<1%	AS
T3a	465952 - 4558308	1165	18	174	19,772	19,01	A1	0	10	Non calcareo	Molto Scarsament e Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	FAS
							AB	10	35	Non calcareo	Scarsament e Andico	7.5 yr 3/2	<1%	FAL
							Bw1	35	60	Non calcareo	Scarsament e Andico	10 yr 4/3	<1%	fa
							Bw2	60	100	Non calcareo	Andico	10 yr 4/3	<1%	al
							Bw3	100	130	Non calcareo	Scarsament e Andico	10 yr 4/4	<1%	al
							R	130	+					
T3b	465947 - 4558258	1149	12	158	16,824	17,06	A	0	20	Non Calcareo	Scarsament e Andico	10 yr 2.5/3	<1%	fa
							AB	20	30	Non Calcareo	Andico	10 yr 2.5/2	<1%	fa
							Bw1	30	60	Non Calcareo	Molto Andico	10 yr 4/4	<1%	al
							Bw2	60	80	Non Calcareo	Andico	10 yr 4/3	<1%	FAL
							Bw3	80	120	Calcareo	Molto Scarsament e Andico	10 yr 4/2	<1%	al
							R	120	+					

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T3c	465918 - 4558248	1150	8	132	19,172	19,87	A	0	5	Non calcareo	Scarsamente Andico	7.5 yr 3/2	<1%	FAS
							AB	5	25	Non calcareo	Molto Andico	10 yr 3/4	<1%	FAS
							Bw1	25	55	Non calcareo	Molto Andico	10 yr 4/4	<1%	F
							Bw2	55	75	Molto Scarsamente calcareo	Andico	10 yr 4/3	<1%	FAL
							Bw3	75	110	Non calcareo	Andico	10 yr 4/2	<1%	FAL
							Bw4	110	130	Non calcareo	Andico	10 yr 3/3	<1%	FAL
							Bw5	130	145	Non calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 4/4	<1%	AL
							Bw6	145	170	Molto scarsamente calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 4/3	<1%	AL
							R	170	+					
T3d	465861 - 4558200	1176	29	53	22,353	21,99	A1	0	5	Non Calcareo	Andico	10 yr 2.5/1	<1%	F
							A2	5	20	Non Calcareo	Molto Andico	10 yr 2.5/3	<1%	FAS
							AB	20	38	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 yr 3/2	<1%	FA
							Bw1	38	62	Non Calcareo	Molto Andico	10 yr 4/2	<1%	F
							ABb	62	80	Non Calcareo	Andico	10 yr 4/4	<1%	FL
							Bwb1	80	120	Molto scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 3/3	<1%	FL
							Bwb2	120	140	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 3/2	<1%	AL
							R	140	+					
T4a	466023 - 4558093	1139	16	50	27,552	27,07	A1	0	10	Non Calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	F
							A2	10	25	Non Calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	f
							AB1	25	50	Molto Scarsamente Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAS
							AB2	50	70	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	as
							AB3	70	100	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	FA
							AB4	100	120	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/3	<1%	FAL
							Ab1	120	140	Non Calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	a
							Ab2	140	150	Non Calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	AL
							Ab3	150	165	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	al
							ABb	165	185	Non Calcareo	Andico	10 YR 3/2	<1%	a
							Bwb	185	200+	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/4	<1%	al

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T4b	465997 - 4558077	1153	14	46	24,855	24,25	A1	0	15	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 2/2	<1%	f
							A2	15	30	Non Calcareo	Andico	10 yr 2/2	<1%	f
							AB	30	40	Non Calcareo	Andico	10 yr 3/3	<1%	fa
							Bw1	40	80	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 yr 3/3	<1%	fa
							Bw2	80	100	Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 3/4	<1%	fa
							R	100+						
T4c	467063 - 4559479	1193	32	51	21949	21,25	A1	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	7.5 yr 3/2	<1%	F
							A2	10	30	Non Calcareo	Andico	10 yr 3/2	<1%	F
							AB	30	50	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	FA
							Bw1	50	65	Non Calcareo	Molto Andico	10 yr 3/4	<1%	FL
							Bw2	65	85	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	FL
							Ab	85	100	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 3/2	<1%	FAL
							ABb	100	120	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FAL
							Bwb1	120	140	Non Calcareo	Andico	7.5 yr 4/2	<1%	FAL
							Bwb2	140	160	Molto Scarsamente calcareo	Andico	10 yr 4/3	<1%	AL
							R	160+						
T4d	465956 - 4558019	1199	32	51	21,663	20,89	A1	0	10	Non Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 2/2	<1%	f
							A2	10	25	Non Calcareo	Andico	10 yr 3/2	<1%	f
							Bw1	25	50	Non Calcareo	Andico	10 yr 3/3	<1%	FAS
							Bw2	50	80	Non Calcareo	Andico	10 yr 4/3	<1%	FAS
							Ab1	80	90	Non Calcareo	Andico	10 yr 2/2	<1%	FAL
							Ab2	90	110	Scarsamente Calcareo	Scarsamente Andico	10 yr 3/2	<1%	FAL
							R	110+						
T4f	465899 - 4557976	1241	29	52	15,134	15,46	A1	0	10	Non Calcareo	Andico	10 yr 3/2	<1%	f
							A2	10	25	Non Calcareo	Molto Andico	10 yr 2/2	<1%	f
							AB1	25	55	Non Calcareo	Molto Andico	7.5 yr 3/2	<1%	fa
							AB2	55	80	Molto Scarsamente Calcareo	Andico	7.5 yr 3/2	<1%	FAS
							AB3	80	100	Non Calcareo	Scarsamente Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	FAS
							R	100+						



Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T4g	465895 - 4557941	1256	37	49	15,209	15,56	A1	0	10	Non calcareo	Scarsamente Andico	7.5 yr 2.5/1	<1%	f
							A2	10	20	Molto scarsamente Calcario	Scarsamente Andico	7.5 yr 3/2	<1%	Fa
							A3	20	35	Non calcareo	Andico	7.5 yr 3/2	<1%	fa
							AB1	35	50	Non calcareo	Andico	7.5 YR 4/2	<1%	FAL
							AB2	50	70	Non calcareo	Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FAL
							R	70+						
T4h	465918 - 4557924	1284	18	51	17,455	17,67	A1	0	10	Non Calcario	Scarsamente Andico	10 YR 3/4	<1%	S
							A2	10	30	Non Calcario	Andico	10 YR 2/2	<1%	SF
							AB	30	60	Molto Scarsamente Calcario	Andico	10 YR 3/4	<1%	SF
							Ab	60	70	Non Calcario	Andico	10 YR 3/4	<1%	SF
							R	70+						
T5a	466062 - 4557978	1161	29	42	23,548	23,72	A1	0	10	Non Calcario	Scarsamente Andico	10 yr 2/2	<1%	F
							A2	10	20	Non Calcario	Andico	7.5 yr 2.5/1	<1%	FA
							AB	20	35	Non Calcario	Andico	7.5 yr 2.5/2	<1%	AS
							Bw1	35	65	Non Calcario	Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FAS
							Bw2	65	100	Non Calcario	Scarsamente Andico	7.5 yr 3/3	<1%	AS
							Bw3	100	120	Non Calcario	Scarsamente Andico	7.5 yr 4/4	<1%	AS
							R	120	+					
T5b	466107 - 4557949	1158	27	35	26,127	26,14	A	0	20	Non Calcario	Scarsamente Andico	7.5 yr 2.5/1	<1%	F
							AB	20	35	Molto Scarsamente Calcario	Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FAS
							Bw1	35	75	Non Calcario	Andico	7.5 YR 3/3	<1%	FA
							Bw2	75	100	Molto Scarsamente calcario	Andico	7.5 yr 3/3	<1%	FA
							Bw3	100	130	Molto Scarsamente calcario	Scarsamente Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	A
							Bw4	130	150	Molto Scarsamente calcario	Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	AS
							R	150	+					

Trivellata	Coordinate UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)	Quota (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)	Volume (m3/pixel)	Altezza media pixel (m)	Orizzonti	Limiti (cm)		Effervescenz a HCl	Reazione NaF	Colore	Scheletro	Tessitura
T5c	466169 - 4557927	1151	24	34	28,920	27,61	A	0	20	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 2/2	<1%	F
							AB	20	30	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 3/2	<1%	FA
							B w1	30	50	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FA
							B w2	50	60	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FL
							Ab	60	75	Calcareo	Non Andico	7.5 YR 3/3	<1%	AS
							ABb	75	90	Molto Scarsamente calcareo	Molto Scarsament e Andico	7.5 YR 2.5/3	<1%	FAL
							B wb1	90	110	Non Calcareo	Scarsament e Andico	7.5 YR 3/3	<1%	AS
							B wb2	110	120	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FL
							B wb3	120	150	Non Calcareo	Andico	7.5 YR 4/4	<1%	FA
							B wb4	150	165	Non Calcareo	Andico	10 YR 4/3	<1%	A
							B tb	165	190	Non Calcareo	Molto andico	7.5 YR 5/4	<1%	A
							R	190	+					
T5d	466200 - 4557913	1149	25	34	29,964	28,76	A	0	20	Non calcareo	Andico	10 YR 2/2	<1%	FAL
							B w1	20	40	Non calcareo	Andico	7.5 YR 2.5/2	<1%	FA
							B w2	40	70	Non calcareo	Molto Andico	7.5 YR 2.5/3	<1%	AS
							B w3	70	90	Non calcareo	Andico	7.5 YR 3/3	<1%	FAL
							B w4	90	130	Non calcareo	Andico	7.5 YR 3/4	<1%	FAL
							R	130	+					

### ALLEGATO 3: Elenco dei Saggi di Profondità<sup>19</sup> campionati sugli orno-ostrieti cedui con coordinate e principali parametri topografici

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
1	468943	4560655	8,598	10,02	5	612	77,30	20,5
2	468943	4560642	2,310	6,03	10	394	50,90	330,8
3	468946	4560613	2,823	7,36	10	422	44,25	92,3
4	468933	4560602	3,644	8,07	10	423	48,32	92,1
5	468937	4560594	5,545	8,19	10	820	79,58	352,0
6	468948	4560583	11,196	12,59	15	376	72,72	335,1
7	468951	4560576	2,595	5,67	15	394	44,25	340,2
8	468941	4560572	8,066	12,63	15	481	57,21	285,2
9	468936	4560561	2,693	6,29	18	478	52,21	251,5
10	468920	4560559	3,342	7,57	19	487	62,35	245,1
11	468919	4560559	6,882	8,45	20	534	66,40	171,8
12	468906	4560556	1,298	3,73	20	385	38,13	64,0
13	468899	4560561	1,595	3,79	20	735	63,18	336,3
14	468906	4560574	6,587	8,29	20	592	66,97	336,5
15	468902	4560578	5,778	10,52	21	482	58,04	266,2
16	468901	4560585	4,753	8,78	21	818	82,16	350,8
17	460962	4558634	4,758	6,43	22	385	55,65	32,5
18	460967	4558640	9,205	10,47	22	381	64,62	228,9
19	460991	4558643	2,785	6,63	22	480	58,95	245,4
20	461022	4558658	3,006	6,13	22	494	50,38	296,5
21	461031	4558671	2,887	5,02	23	387	44,41	25,4
22	461223	4558790	2,344	6,40	23	393	55,67	325,0
23	461234	4558792	6,316	13,97	24	414	42,66	67,9
24	461242	4558790	10,183	16,08	25	413	42,25	50,9
25	461256	4558794	4,716	9,75	25	487	57,05	266,2
26	461266	4558794	1,340	3,48	25	728	62,40	327,3
27	461280	4558797	7,687	8,82	26	535	68,87	342,1
28	461290	4558795	12,494	13,14	26	529	76,01	214,5
29	461309	4558795	6,779	8,02	27	252	28,54	68,4
30	461321	4558797	5,591	6,75	27	626	71,25	16,9
31	460919	4559219	6,916	7,91	30	246	26,55	40,7
32	460923	4559251	5,230	7,52	30	259	28,56	118,5
33	460926	4559275	6,536	8,13	30	382	63,29	38,8
34	460928	4559297	8,224	12,46	30	416	47,71	88,4
35	464024	4559825	3,118	6,53	30	494	51,22	291,8
36	464024	4559827	7,844	10,23	30	567	69,77	324,8

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
37	464011	4559842	11,821	12,39	32	530	79,81	13,6
38	464003	4559836	1,161	3,68	32	727	62,35	323,0
39	464003	4559846	6,588	8,97	32	813	87,23	344,2
40	464001	4559862	8,352	10,19	32	627	76,13	31,9
41	463983	4559872	6,900	9,46	32	617	75,44	325,1
42	463975	4559884	11,609	12,87	33	613	77,73	21,9
43	466247	4561024	1,858	4,00	34	744	63,25	336,3
44	460646	4558892	6,410	9,09	35	502	39,96	332,5
45	466254	4561013	4,677	7,35	35	479	53,53	320,8
46	466272	4561011	8,357	13,25	35	417	47,62	74,2
47	460655	4558910	1,541	4,17	35	725	57,03	316,0
48	466277	4561002	5,981	8,93	35	607	76,58	19,7
49	460659	4558931	9,399	11,65	35	574	69,96	325,0
50	466296	4561004	3,454	6,73	36	470	55,07	318,6
51	466303	4561002	6,620	8,38	38	599	69,40	334,4
52	466313	4561009	5,758	7,89	40	485	49,04	322,5
53	466328	4560995	12,709	13,71	40	559	49,10	313,1
54	466335	4560994	1,950	4,36	40	717	61,10	339,4
55	466344	4560996	5,992	8,20	40	818	86,98	347,9
56	460677	4559019	11,508	12,21	41	532	69,07	350,9
57	460683	4559042	9,290	11,14	43	611	75,25	325,5
58	460687	4559065	6,726	8,09	44	509	41,72	335,6
59	466612	4560895	8,620	9,77	44	466	70,40	14,6
60	460302	4558898	9,440	10,87	44	577	56,89	288,2
61	466604	4560882	5,637	8,91	44	787	78,12	336,2
62	460294	4558899	5,530	8,56	44	791	79,90	335,8
63	466618	4560884	6,488	9,06	44	810	84,76	342,6
64	460283	4558902	13,355	13,88	45	556	47,40	338,2
65	466617	4560871	13,379	13,56	45	527	75,62	75,2
66	460274	4558905	3,038	5,04	45	757	64,49	336,3
67	466616	4560858	8,730	10,52	47	378	63,23	119,4
68	466627	4560865	3,851	6,56	47	782	69,24	335,7
69	460256	4558906	6,135	8,37	48	489	44,89	324,7
70	460247	4558910	5,588	8,00	48	797	81,45	332,3
71	466632	4560858	5,509	9,37	49	496	39,90	330,0
72	460236	4558913	3,997	7,02	49	475	54,66	319,1

<sup>19</sup> I transesti T8, T12, T13, T14 , T15 e T16, per un totale di 105/142 saggi totali, sono stati eseguiti nell'ambito delle tesi delle Dott.sse Giuseppina Turco e Solange Scognamiglio

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
73	460216	4558921	2,034	4,37	50	268	31,48	351,9
74	460205	4558924	7,259	12,53	50	420	47,08	55,6
75	460198	4558921	1,512	3,48	50	727	62,14	329,2
76	460188	4558926	1,185	4,02	50	728	61,14	316,4
77	460175	4558925	6,386	8,57	50	816	88,25	345,5
78	460165	4558927	8,413	11,65	50	620	74,17	193,5
79	465476	4559777	10,001	12,07	50	614	72,81	335,2
80	465413	4559607	5,404	7,61	52	787	70,11	336,9
81	465471	4559764	5,751	9,80	53	499	39,13	331,6
82	465410	4559596	1,830	3,77	53	722	61,33	337,4
83	465463	4559757	12,134	13,47	55	563	48,82	306,1
84	465390	4559591	12,238	13,55	55	574	53,20	288,9
85	465459	4559753	11,232	12,14	55	533	71,46	347,6
86	465395	4559587	8,904	9,84	58	453	66,43	15,8
87	465456	4559753	7,964	9,22	59	439	64,69	15,3
88	465374	4559585	4,339	6,60	60	381	69,45	8,8
89	465438	4559755	6,660	7,75	60	806	73,92	345,9
90	465362	4559584	5,645	7,18	60	798	73,29	342,2
91	465431	4559753	5,410	8,36	60	806	80,71	328,8
92	465352	4559585	6,128	7,55	61	513	41,51	344,1
93	465424	4559759	2,633	5,32	61	768	67,94	334,0
94	465345	4559587	7,346	10,93	61	619	71,19	344,7
95	465325	4559578	5,915	7,87	62	484	50,23	322,0
96	465421	4559726	1,661	3,86	62	722	61,57	340,2
97	465321	4559584	8,668	11,73	63	621	74,78	170,6
98	465426	4559713	6,351	7,78	64	512	42,33	339,6
99	465320	4559597	7,106	8,42	64	506	40,67	332,5
100	465431	4559692	8,069	8,46	64	813	74,83	350,6
101	465321	4559604	6,909	8,40	65	351	63,73	10,7
102	465320	4559610	10,112	11,35	65	531	72,02	340,0
103	465418	4559668	6,179	9,24	65	811	79,52	329,8
104	465418	4559646	7,702	9,43	66	535	66,25	8,2
105	465415	4559637	7,808	9,79	67	592	72,61	325,0
106	465413	4559618	6,991	8,34	68	366	62,77	9,6
107	460657	4558921	8,043	9,22	69	446	65,43	16,1
108	460941	4558629	7,123	8,67	70	505	41,65	332,9

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
109	460951	4558633	10,923	12,63	70	562	54,90	99,0
110	466630	4560860	11,188	13,12	70	560	52,70	244,8
111	465431	4559705	7,894	15,33	70	413	41,06	33,5
112	465321	4559589	2,235	4,23	70	750	63,38	336,6
113	460265	4558901	5,505	8,22	70	802	80,96	330,8
114	460690	4559048	6,579	8,16	73	362	62,80	11,1
115	460219	4558914	6,261	8,56	74	492	43,85	326,7
116	460928	4558627	10,410	12,23	75	563	57,64	5,0
117	465416	4559626	5,586	7,42	75	794	71,68	339,6
118	465401	4559744	2,052	4,01	75	720	63,60	332,0
119	461330	4558799	10,841	12,01	80	533	73,66	337,6
120	466288	4561006	7,634	9,94	80	377	61,53	22,0
121	460669	4558980	8,094	9,36	81	408	60,68	11,6
122	460998	4558647	7,890	9,25	82	414	60,97	12,4
123	460667	4558969	12,563	13,96	82	565	50,32	300,9
124	465416	4559655	2,534	5,70	83	776	69,10	334,6
125	465422	4559674	6,018	7,71	84	374	66,20	9,3
126	460681	4559029	3,220	5,47	84	766	67,12	334,5
127	461301	4558794	10,115	11,24	85	534	68,07	203,5
128	468910	4560567	6,947	8,40	86	369	63,01	8,3
129	460675	4559038	11,890	13,58	86	617	78,48	33,1
130	460226	4558909	5,859	8,48	91	496	42,31	329,8
131	460683	4559056	6,663	8,08	93	357	62,65	9,4
132	465426	4559685	3,299	5,29	96	760	65,65	335,4
133	460659	4558949	5,728	7,48	98	399	65,72	10,7
134	460666	4558959	7,649	9,15	98	428	63,19	13,8
135	460672	4558987	7,401	8,87	98	421	61,54	13,2
136	460677	4558994	7,338	8,77	98	404	62,97	11,1
137	461016	4558653	13,056	14,31	100	572	51,92	291,6
138	460658	4558942	7,784	9,18	102	432	63,97	14,5
139	460651	4558901	9,786	10,62	107	459	66,88	15,7
140	460688	4559077	7,864	9,00	107	344	66,27	10,8
141	460980	4558636	12,924	13,76	135	561	46,50	324,5
142	460994	4558642	12,433	13,78	180	564	48,30	305,1

#### ALLEGATO 4: Elenco dei Saggi di Profondità campionati sulle fustaie di faggio con coordinate e principali parametri topografici

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
1	466060	4557649	13,424	13,50	32	1317	44,61	98,8
2	465855	4557863	9,469	10,35	35	1238	60,83	49,6
3	465917	4557944	15,895	16,19	35	1296	43,49	33,6
4	466637	4558433	12,281	13,05	36	1110	54,90	61,4
5	466671	4558558	13,244	15,58	36	1032	66,01	34,0
6	466640	4558443	14,505	14,94	39	1104	61,26	19,8
7	466645	4558463	17,722	18,10	39	1090	63,21	21,2
8	466656	4558508	11,637	14,18	41	1064	63,25	93,3
9	466643	4558453	16,839	17,00	44	1096	63,29	20,3
10	466045	4557649	16,676	16,75	45	1317	32,53	222,5
11	465913	4557634	14,276	14,29	47	1330	24,33	33,4
12	466653	4558491	12,145	14,44	49	1073	60,52	88,4
13	465935	4557968	16,260	16,66	50	1219	58,85	47,0
14	465911	4557936	15,382	15,89	50	1244	61,34	50,7
15	465880	4557895	13,701	14,15	52	1275	59,19	53,1
16	465874	4557887	13,142	13,69	53	1281	55,21	52,0
17	465960	4557638	19,089	18,34	53	1323	30,68	27,7
18	466669	4558550	15,606	17,19	59	1036	64,08	31,0
19	466647	4558472	18,217	18,66	63	1084	60,67	23,3
20	465898	4557919	16,135	15,96	66	1256	64,78	51,3
21	466649	4558481	16,582	17,58	69	1078	58,88	27,5
22	465892	4557911	15,003	15,03	70	1262	65,43	52,3
23	466661	4558529	14,365	16,25	73	1051	64,75	29,6
24	465868	4557879	12,322	13,06	77	1286	50,99	48,4
25	466656	4558500	10,664	13,43	77	1068	61,31	131,9
26	465929	4557960	16,988	17,23	80	1225	59,35	47,5
27	466009	4558064	24,831	24,50	88	1154	50,07	48,8
28	466016	4557646	21,331	20,57	90	1315	20,36	344,6
29	466635	4558422	14,029	14,42	90	1115	43,08	102,8
30	466666	4558539	17,728	18,20	91	1042	62,64	29,2
31	465941	4557976	14,760	15,76	95	1214	58,87	47,0
32	465923	4557952	16,487	16,71	96	1231	60,31	48,5
33	465948	4557984	15,785	17,03	105	1209	58,96	47,4
34	465967	4557639	19,807	18,93	109	1322	32,98	34,7
35	465966	4558008	21,514	21,31	110	1196	57,87	48,1
36	465960	4558000	20,168	20,46	110	1191	56,59	48,9

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
37	466027	4558088	27,214	26,81	115	1139	41,31	49,5
38	465990	4558040	22,071	21,78	117	1169	54,12	50,5
39	466005	4557647	21,606	20,95	118	1314	20,11	261,5
40	465905	4557928	16,189	16,27	120	1250	62,77	50,7
41	465984	4558032	21,562	21,32	130	1180	54,79	50,0
42	465978	4558024	22,046	21,67	130	1174	54,46	50,3
43	465905	4557638	12,562	12,67	130	1330	22,81	112,6
44	465950	4557644	18,500	17,78	134	1323	28,19	20,1
45	466033	4558096	27,989	27,33	140	1185	55,39	49,5
46	465972	4558016	22,468	22,02	140	1135	35,24	49,4
47	465920	4557629	15,796	15,75	142	1329	24,35	30,1
48	466015	4558072	25,078	24,79	150	1164	53,27	49,9
49	465996	4558048	23,790	23,27	150	1149	47,91	48,6
50	465937	4557637	18,611	18,29	170	1325	26,80	24,2
51	466632	4558411	18,250	18,06	175	1118	33,39	72,7
52	465978	4557638	21,114	20,17	185	1319	31,51	33,3
53	466629	4558378	25,193	24,16	195	1126	31,65	24,5
54	466037	4557647	18,663	18,42	200	1317	27,32	294,8
55	466021	4558080	26,052	25,73	210	1144	45,50	48,5
56	466046	4558113	24,570	23,98	230	1132	26,79	51,9
57	466039	4558104	26,554	25,84	230	1130	18,26	58,7
58	465929	4557634	18,621	18,45	230	1326	25,91	28,2
59	465993	4557637	22,707	21,67	230	1316	27,63	81,9
60	466029	4557651	20,141	19,73	230	1315	22,00	348,7
61	466632	4558389	25,093	24,02	230	1123	27,79	68,4
62	466632	4558400	23,526	22,57	230	1120,0	25,40	75,6

**ALLEGATO 5: Elenco dei Saggi di Profondità campionati sui cedui di castagno con coordinate e principali parametri topografici**

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
1	467088	4558899	3,233	4,94	68	1026	56,14	12,4
2	467087	4558907	3,243	4,87	54	1022	57,23	33,0
3	467084	4558919	3,285	5,03	72	1016	58,60	118,6
4	467085	4558928	3,956	5,76	54	1011	61,57	96,5
5	467077	4558935	4,436	6,07	54	1007	62,28	229,0
6	467075	4558946	4,786	6,41	63	1000	62,01	178,0
7	467070	4558955	4,940	6,39	64	995	59,42	80,4
8	467074	4558962	4,161	6,02	48	990	59,32	4,1
9	467062	4559000	4,069	6,22	67	969	59,40	146,2
10	467061	4559011	2,555	4,81	83	962	59,00	165,0
11	467052	4559016	1,662	4,05	24	960	57,92	309,7
12	467045	4559022	2,000	4,52	66	956	58,11	347,8
13	467049	4559049	1,111	4,02	47	942	58,30	182,4
14	467051	4559058	1,029	3,84	47	938	62,18	24,6
15	467048	4559066	0,799	3,09	43	932	62,91	32,6
16	467072	4559141	6,371	8,42	63	881	62,52	8,9
17	467078	4559148	6,761	9,01	95	875	62,33	9,8
18	467076	4559158	6,741	9,06	93	869	61,82	10,0
19	467076	4559175	8,603	10,20	94	860	61,47	10,1
20	467080	4559183	8,627	10,21	132	854	61,15	10,1
21	467076	4559193	8,557	10,07	88	848	60,99	9,4
22	467076	4559208	7,979	10,06	66	839	59,81	8,7
23	467081	4559222	7,772	9,90	87	831	58,00	8,3
24	467083	4559233	8,074	9,47	83	824	56,60	8,3
25	467087	4559241	9,041	9,96	93	819	55,50	8,6
26	467091	4559247	9,851	10,85	156	816	54,67	8,8
27	467092	4559259	10,608	12,00	230	810	52,84	8,3
28	467092	4559270	10,040	12,28	183	804	53,30	6,7
29	467091	4559282	10,061	12,23	230	797	53,81	5,1
30	467091	4559293	10,704	11,87	230	791	54,15	3,9
31	466688	4559602	9,002	11,54	102	703	19,87	33,9
32	466682	4559595	8,659	10,86	160	705	21,72	37,5
33	466683	4559585	8,535	10,11	40	707	21,25	33,6
34	466685	4559574	8,101	9,29	54	708	19,32	28,0
35	466686	4559564	6,149	8,59	90	710	16,15	23,5
36	466688	4559553	5,374	8,60	44	710	15,53	110,6

ID Saggio di profondità	Coordinate Saggio UTM WGS 84/UTM 33 N (Est - Nord)		Volume (m3/pixel)	Altezza pixel (m)	Profondità Suolo (cm)	Altitudine (m slm)	Pendenza (%)	Esposizione (°)
37	466678	4559549	7,009	9,83	76	712	19,95	107,6
38	466672	4559540	8,919	11,11	163	714	22,90	93,2
39	466662	4559532	9,469	11,11	81	717	26,72	60,7
40	466668	4559523	9,881	11,24	105	714	27,72	53,3
41	466664	4559517	9,760	11,04	63	717	30,67	50,2
42	466661	4559508	9,178	10,73	39	721	32,67	48,8
43	466668	4559490	9,904	10,94	53	722	28,79	38,8
44	466675	4559481	10,579	11,53	60	723	28,70	104,7
45	466675	4559473	10,155	11,31	46	725	27,68	110,6
46	466673	4559466	8,743	10,32	92	726	24,37	78,2
47	466670	4559459	6,929	9,06	71	727	19,20	25,7
48	466668	4559447	8,494	10,33	85	728	23,24	19,1
49	466666	4559435	10,611	11,95	83	730	27,45	15,3

## Box 1: Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico del Faggio e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica

Il modello regressivo per il volume dendrometrico ( $V_d$ ) delle faggete, in cui tutte le covariate sono significative, è stato ottenuto allo step 5 della *backward deletion* eliminando 4 covariate non significative: Height, Slope, Plan\_Cur e Prof\_Cur; pertanto, tale modello conterrà altrettante covariate significative: la profondità del suolo, l'esposizione, la *Catchment area*, il TPI e il TWI (modello 5 - Tabella 1). La regressione complessivamente ha riportato un  $r^2$  corretto elevato, pari a 0,651 e la Deviazione standard risulta pari a 2,785. La regressione risulta molto significativa, la devianza, la varianza e l'F di Fisher, spiegati dalla regressione, sono superiori a quelli del residuo (modello 5 - Tabella 2).

**Tabella 1** - Adattamento del modello

Riepilogo del modello <sup>f</sup>				
Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,831 <sup>a</sup>	,690	,653	2,775237
2	,831 <sup>b</sup>	,690	,657	2,758384
3	,830 <sup>c</sup>	,689	,661	2,745002
4	,825 <sup>d</sup>	,681	,657	2,759690
5	,819 <sup>e</sup>	,671	,651	2,785063

a. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Heigt, Plan\_Cur, TWI, Slope, TPI, CA

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, Slope, TPI, CA

c. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

d. Predittori: (Costante), depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

e. Predittori: (Costante), depth, Asp, TWI, TPI, CA

f. Variabile dipendente: Vd

**Tabella 2** - Analisi della Varianza delle regressione multiple con variabile dipendente  $V_d$  delle Faggete

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	1287,101	9	143,011	18,568	,000
	Residuo	577,646	75	7,702		
	Totale	1864,746	84			
2	Regressione	1286,486	8	160,811	21,135	,000
	Residuo	578,260	76	7,609		
	Totale	1864,746	84			
3	Regressione	1284,549	7	183,507	24,354	,000
	Residuo	580,198	77	7,535		
	Totale	1864,746	84			
4	Regressione	1270,707	6	211,785	27,808	,000
	Residuo	594,039	78	7,616		
	Totale	1864,746	84			
5	Regressione	1251,977	5	250,395	32,282	,000
	Residuo	612,770	79	7,757		
	Totale	1864,746	84			

a. Variabile dipendente: Vd

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Heigt, Plan\_Cur, TWI, Slope, TPI, CA

c. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, Slope, TPI, CA

d. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

e. Predittori: (Costante), depth, Asp, Plan\_Cur, TWI, TPI, CA

f. Predittori: (Costante), depth, Asp, TWI, TPI, CA

La *depth* è risultata come la covariata più correlata al  $V_d$  con l' $r$  di *Pearson* pari a 0,665 ed in secondo luogo sono risultati più correlati al  $V_d$ , la *Catchment area* con  $r$  pari a -0,336 ed il TPI ( $r = -0,316$ ). Le variabili più significative della regressione nel suo complesso, sono risultate lo stesso TPI e l'esposizione (Sig. < 0,000) ed in secondo luogo la *depth* con una (Sig. < 0,001). Per avere una visione d'insieme più dettagliata si rimanda alla Tabella 4 (vedi colonna Sig. - modello 5).



**Tabella 3** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni										
	Vd	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur
Correlazione di Pearson	Vd	1,000	,665	-,111	-,308	-,089	-,336	,288	-,316	-,323
	depth	,665	1,000	,038	-,595	,134	-,391	,195	-,110	-,250
	Heigt	-,111	,038	1,000	-,364	,131	-,609	-,649	,731	,300
	Slope	-,308	-,595	-,364	1,000	-,460	,440	-,001	-,258	-,041
	Asp	-,089	,134	,131	-,460	1,000	-,190	-,106	,245	,021
	CA	-,336	-,391	-,609	,440	-,190	1,000	,578	-,609	-,224
	TWI	,288	,195	-,649	-,001	-,106	,578	1,000	-,722	-,368
	TPI	-,316	-,110	,731	-,258	,245	-,609	-,722	1,000	,443
	Plan_Cur	-,323	-,250	,300	-,041	,021	-,224	-,368	,443	1,000
	Prof_Cur	,136	,164	,532	-,296	,214	-,791	-,520	,601	,599
Sig. (1 coda)	Vd	.	,000	,157	,002	,208	,001	,004	,002	,001
	depth	,000	.	,364	,000	,110	,000	,037	,158	,010
	Heigt	,157	,364	.	,000	,116	,000	,000	,000	,003
	Slope	,002	,000	,000	.	,000	,000	,495	,009	,354
	Asp	,208	,110	,116	,000	.	,041	,167	,012	,424
	CA	,001	,000	,000	,000	,041	.	,000	,000	,020
	TWI	,004	,037	,000	,495	,167	,000	.	,000	,000
	TPI	,002	,158	,000	,009	,012	,000	,000	.	,000
	Plan_Cur	,001	,010	,003	,354	,424	,020	,000	,000	.
	Prof_Cur	,108	,067	,000	,003	,025	,000	,000	,000	.
N	Vd	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	depth	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Heigt	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Slope	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Asp	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	CA	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	TWI	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	TPI	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Plan_Cur	85	85	85	85	85	85	85	85	85
	Prof_Cur	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Quindi, è stata ottenuta l' equazione della regressione multipla tra il volume dendrometrico del faggio ed i diversi fattori pedologici, topografici e geomorfologici (Eq. 1) tutti significativi (Sig.  $\leq 0,05$ ). La costante dell' equazione nel complesso è molto significativa (Sig.  $< 0,000$ ), inserendo i coefficienti non standardizzati delle variabili indipendenti significative (colonna B) riportati al modello 5 (Tabella 4), avremmo la seguente equazione:

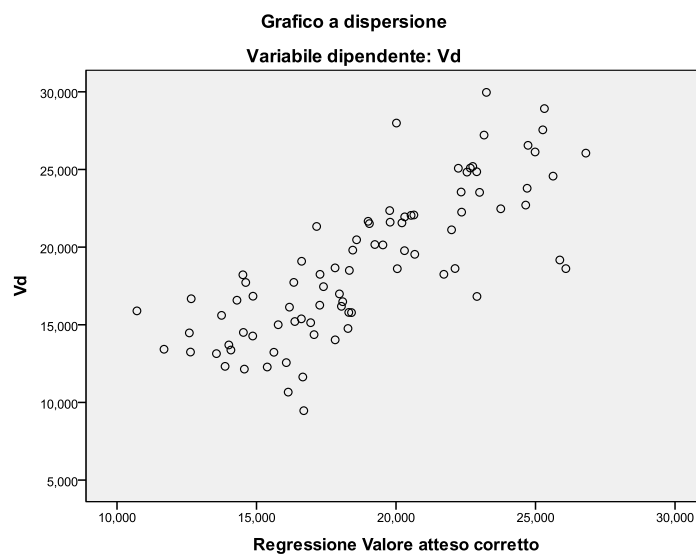
**(Eq. 1)**  $V_d = 11,749 + 0,025 \text{ (depth)} - 0,007 \text{ (Asp)} - 6,599 \times 10^{-6} \text{ (CA)} + 0,509 \text{ (TWI)} - 1,906 \text{ (TPI)}$

**Tabella 4** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (5) è stato utilizzato per l' Equazione 1.

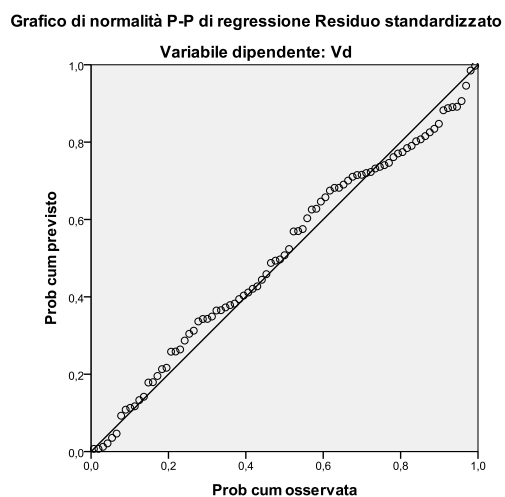
Coefficienti <sup>a</sup>										
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità		
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF	
1	(Costante)	16,084	9,274	1,734	,087	-2,390	34,558			
	depth	,021	,008	,265	,257	,013	,005	,038	,385	2,595
	Heigt	-,002	,006	-,031	-,282	,778	-,014	,010	,347	2,888
	Slope	-,020	,035	-,063	-,570	,570	-,090	,050	,339	2,953
	Asp	-,009	,005	-,162	-,2030	,046	-,019	,000	,646	1,548
	CA	-5,029E-006	,000	-,516	-,3136	,002	,000	,000	,152	6,565
	TWI	,426	,223	,221	1,909	,060	-,019	,871	,308	3,247
	TPI	-,1729	,482	-,431	-,3587	,001	-,2690	-,769	,286	3,492
	Plan_Cur	-,192,548	90,279	-,226	-,2133	,036	-,372,394	-,12,702	,369	2,711
	Prof_Cur	83,947	58,420	,226	1,437	,155	-,32,431	200,325	,168	5,968
2	(Costante)	13,617	3,098	4,395	,000	7,446	19,789			
	depth	,021	,008	,268	2,620	,011	,005	,038	,390	2,563
	Slope	-,016	,033	-,052	-,505	,615	-,081	,048	,391	2,556
	Asp	-,009	,004	-,157	-,2037	,045	-,018	,000	,690	1,450
	CA	-5,024E-006	,000	-,516	-,3153	,002	,000	,000	,152	6,564
	TWI	,446	,211	,231	2,115	,038	,026	,866	,341	2,931
	TPI	-,1778	,447	-,443	-,3974	,000	-,2,669	-,887	,329	3,044
	Plan_Cur	-,189,591	89,126	-,222	-,2127	,037	-,367,101	-,12,082	,374	2,675
	Prof_Cur	82,521	57,848	,222	1,427	,158	-,32,693	197,735	,169	5,923
3	(Costante)	12,316	1,709	7,208	,000	8,914	15,718			
	depth	,024	,007	,293	3,314	,001	,009	,038	,516	1,940
	Asp	-,008	,004	-,139	-,2042	,045	-,016	,000	,874	1,145
	CA	-5,213E-006	,000	-,535	-,3382	,001	,000	,000	,161	6,202
	TWI	,475	,202	,247	2,357	,021	,074	,877	,369	2,707
	TPI	-,1716	,428	-,427	-,4010	,000	-,2,567	-,864	,356	2,810
	Plan_Cur	-,178,685	86,046	-,209	-,2077	,041	-,350,025	-,7,344	,397	2,518
	Prof_Cur	76,131	56,171	,205	1,355	,179	-,35,720	187,982	,177	5,640
4	(Costante)	12,061	1,707	7,065	,000	8,662	15,460			
	depth	,023	,007	,284	3,198	,002	,009	,037	,519	1,927
	Asp	-,007	,004	-,122	-,1815	,073	-,015	,001	,904	1,106
	CA	-6,720E-006	,000	-,690	-,6260	,000	,000	,000	,336	2,976
	TWI	,509	,201	,264	2,528	,013	,108	,909	,375	2,667
	TPI	-,1738	,430	-,433	-,4045	,000	-,2,594	-,883	,356	2,805
	Plan_Cur	-,98,414	62,754	-,115	-,1,568	,121	-,223,348	26,521	,755	1,325
5	(Costante)	11,749	1,711	6,866	,000	8,343	15,155			
	depth	,025	,007	,312	3,558	,001	,011	,039	,541	1,848
	Asp	-,007	,004	-,116	-,1707	,050	-,015	,001	,907	1,102
	CA	-6,599E-006	,000	-,678	-,6107	,000	,000	,000	,338	2,960
	TWI	,509	,203	,264	2,509	,014	,105	,914	,375	2,667
	TPI	-,1906	,420	-,475	-,4537	,000	-,2,742	-,1,070	,380	2,633

a. Variabile dipendente: Vd

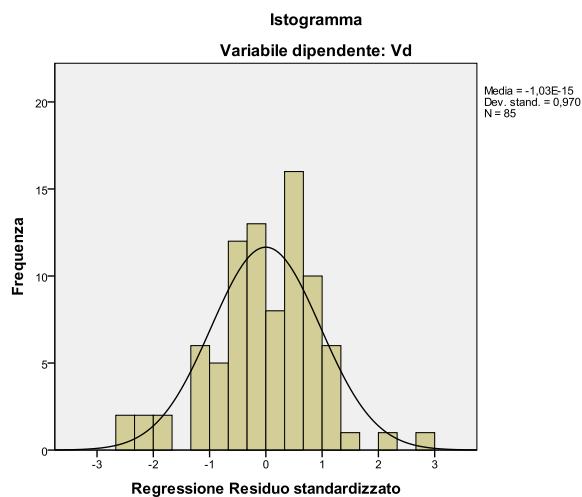
**Grafico 1** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti dei volumi delle faggete



**Grafico 2** - Grafico di probabilità normale dei volumi del faggio



**Grafico 3** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo ai volumi delle faggete



Dalla divisione dei dati relativi alle osservazioni puntuali del campionamento pedologico per ambiente geomorfologico, si evince che, mediamente i valori più elevati dei volumi dendrometrici delle faggete, sono stati rilevati all' interno degli impluvi profondi (*Streams*) pari a 27,52 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 1,98), nelle zone vallive e sui versanti bassi (*U-shape Valleys*) pari a 25,46 m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup> (Dev. ST 3,34). Invece, i valori inferiori sono stati osservati mediamente, sui crinali superiori (*High ridges*) mediamente pari a 13,04 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 2,13) e sulle convessità (*Local Ridges*) pari a 15,44 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 2,83).

Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative ai volumi dendrometrici, ripartite per forma di paesaggio.

**Tabella 5** - Statistiche descrittive relative ai volumi dendrometrici, rilevati nelle varie forme di paesaggio delle fustaie di faggio

Landforms	N° Osservazioni	Tasso (%)	Media Vd (m <sup>3</sup> /400m <sup>2</sup> )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Streams	2	2,35%	27,52	3,90	1,98	1,40	7,18
Midslope Drainages	24	28,24%	18,10	24,46	4,95	1,01	27,33
Upland drainages	8	9,41%	23,19	11,35	3,37	1,19	14,53
U-shape Valleys	3	3,53%	25,46	11,15	3,34	1,93	13,12
Plains	4	4,71%	24,72	12,85	3,58	1,79	14,50
Open Slopes	18	21,18%	18,48	9,19	3,03	0,71	16,41
Upper Slopes	15	17,65%	17,99	5,07	2,25	0,58	12,52
Local Ridges	4	4,71%	15,44	8,01	2,83	1,63	18,33
High ridges	7	8,24%	13,04	4,55	2,13	0,81	16,36
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>18,88</b>	<b>22,20</b>	<b>4,71</b>	<b>0,51</b>	<b>24,96</b>

Invece, dividendo le osservazioni del campionamento pedologico per classi di esposizione, emerge che i volumi delle faggete dell' area in questione risentono dell' effetto del fattore esposizione, sono state riscontrate apprezzabili differenze tra i volumi massimi, rilevati in siti con esposizione NORD - EST mediamente pari a 19,56 m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup> (Dev. ST 5,00 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) e quelli minimi osservati in siti esposti a SUD - EST, mediamente pari a 14,96 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 4,12 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>).

**Tabella 6** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici divisi per classi di esposizione, rilevati su fustaie di faggio

Classe	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Vd (m <sup>3</sup> /400 m <sup>2</sup> )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	10	11,76%	18,23	26,04	5,10	1,61	27,98
NORD	6	7,06%	18,17	5,88	2,42	0,99	13,34
NORD-EST	55	64,71%	19,56	24,95	5,00	0,67	25,54
OVEST	7	8,24%	18,26	13,57	3,68	1,39	20,17
SOD-OVEST	3	3,53%	16,59	4,29	2,07	1,20	12,48
SUD-EST	4	4,71%	14,96	16,95	4,12	2,06	27,53
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>18,88</b>	<b>22,20</b>	<b>4,71</b>	<b>0,51</b>	<b>24,96</b>

Secondo la Carta geologica della Campania (APAT, 2008), le faggete dell' area di studio vegetano su di un unica tipologia geolitologica, ovvero i Calcari compatti duri, pertanto non è stato possibile dividere le osservazioni del campionamento pedologico in classi geolitologiche.

Il campionamento svolto sulle faggete in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), rientra nei sotto gruppi ed associazioni di suoli: *Typic Hapludands*, *Typic Melanudands*, l' associazione tra *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands* (*Soil Taxonomy*, 1998).

I volumi mediamente più elevati sono stati rilevati sui *Typic Hapludands*, pari a 19,07 m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup> (Dev. ST 4,76) e quelle minimi sono stati osservati sui *Typic Melanudands* e *Lithic Hapludands*, mediamente pari a 14,21 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>

(Dev. ST 1,62). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative ai volumi dendrometrici, ripartite per tipologia di suolo.

**Tabella 7** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici rilevati su fustaie di faggio, divise per Tipo di suolo

Suoli	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Vd (m <sup>3</sup> /400 m <sup>2</sup> )	Varianza Vd	Dev. ST Vd	Er. ST Vd	CV Vd
Typic Hapludands	80	94,12%	19,07	22,61	4,76	0,53	24,94
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	3	3,53%	14,21	2,62	1,62	0,93	12,88
Typic Melanudands	2	2,35%	18,30	4,35	2,09	1,47	11,40
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>	<b>18,88</b>	<b>22,20</b>	<b>4,71</b>	<b>0,51</b>	<b>24,96</b>

## Box 2: Regressioni lineari multiple relative al Volume dendrometrico del Castagno e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica

La regressione multipla relativa ai volumi dendrometrici dei cedui di castagno, include come variabili significative: Asp, depth, Height, Plan\_Cur, Slope, TPI, è stata ottenuta allo step 4 della *backward deletion* (modello 4 - Tabella 1), eliminando 3 covariate: TWI, Prof\_Cur e CA. La regressione complessivamente ha riportato un  $r^2$  corretto abbastanza buono pari a 0,450 e la Deviazione standard risulta pari a 1,916. La regressione risulta significativa, la devianza, la varianza e l' F di Fisher, spiegati dalla regressione, sono superiori a quelli del residuo (modello 4 - Tabella 2).

**Tabella 1** - Adattamento del modello

Riepilogo del modello <sup>e</sup>				
Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,697 <sup>a</sup>	,485	,436	1,939819
2	,697 <sup>b</sup>	,485	,442	1,929760
3	,696 <sup>c</sup>	,484	,447	1,922117
4	,694 <sup>d</sup>	,482	,450	1,915800

a. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, CA, TPI, TWI

b. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, CA, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI

e. Variabile dipendente: Vd

**Tabella 2** - Analisi della Varianza delle regressioni multiple con variabile dipendente V<sub>d</sub> dei cedui di castagno

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	336,887	9	37,432	9,948	,000
	Residuo	357,475	95	3,763		
	Totale	694,362	104			
2	Regressione	336,861	8	42,108	11,307	,000
	Residuo	357,501	96	3,724		
	Totale	694,362	104			
3	Regressione	335,992	7	47,999	12,992	,000
	Residuo	358,370	97	3,695		
	Totale	694,362	104			
4	Regressione	334,674	6	55,779	15,197	,000
	Residuo	359,689	98	3,670		
	Totale	694,362	104			

a. Variabile dipendente: Vd

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, CA, TPI, TWI

c. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, CA, TPI, TWI

d. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI, TWI

e. Predittori: (Costante), Asp, depth, Slope, Plan\_Cur, Height, TPI

Come è stato verificato anche per la regressione multipla riguardante l' H<sub>d</sub> dei cedui castanili (vedi Cap. 5 - par. 2.1.1), le due variabili più correlate con il V<sub>d</sub>, sono risultate il TPI, che ha riportato un valore dell' r di *Pearson* pari a - 0,535 ed in secondo luogo l' altitudine con un r pari a -0,494 (Tabella 3). Le variabili più significative della regressione nel suo complesso, sono risultate la *depth* (Sig. < 0,000) ed in secondo luogo la Plan\_Cur con una (Sig. = 0,01). Per avere una visione d' insieme più dettagliata si rimanda alla Tabella 4 (vedi colonna Sig. - modello 4).

Tabella 3 - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni											
	Vd	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur	
Correlazione di Pearson	Vd	1,000	,425	-,494	-,267	-,218	,186	,351	-,535	-,422	-,448
	depth	,425	1,000	-,343	-,060	-,251	-,039	-,187	-,005	-,136	
	Heigt	-,494	-,343	1,000	,645	-,048	-,290	-,455	,713	,367	,503
	Slope	-,267	-,060	,645	1,000	,032	-,647	-,703	,688	,455	,561
	Asp	-,218	,026	-,048	,032	1,000	-,216	-,227	,176	,139	,132
	CA	,186	-,251	-,290	-,647	-,216	1,000	,904	-,582	-,508	-,623
	TWI	,351	-,039	-,455	-,703	-,227	,904	1,000	-,777	-,522	-,754
	TPI	-,535	-,187	,713	,688	,176	-,582	-,777	1,000	,589	,869
	Plan_Cur	-,422	-,005	,367	,455	,139	-,508	-,522	,589	1,000	,581
	Prof_Cur	-,448	-,136	,503	,561	,132	-,623	-,754	,869	,581	1,000
Sig. (1 coda)	Vd	.	,000	,000	,003	,013	,029	,000	,000	,000	,000
	depth	,000	.	,000	,270	,395	,005	,348	,028	,482	,084
	Heigt	,000	,000	.	,000	,314	,001	,000	,000	,000	,000
	Slope	,003	,270	,000	.	,374	,000	,000	,000	,000	,000
	Asp	,013	,395	,314	,374	.	,014	,010	,036	,078	,090
	CA	,029	,005	,001	,000	,014	.	,000	,000	,000	,000
	TWI	,000	,348	,000	,000	,010	,000	.	,000	,000	,000
	TPI	,000	,028	,000	,000	,036	,000	,000	.	,000	,000
	Plan_Cur	,000	,482	,000	,000	,078	,000	,000	,000	.	,000
	Prof_Cur	,000	,084	,000	,000	,090	,000	,000	,000	,000	.
N	Vd	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	depth	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Heigt	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Slope	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Asp	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	CA	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	TWI	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	TPI	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Plan_Cur	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Prof_Cur	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105

Quindi, è stata ottenuta l' equazione della regressione multipla tra il volume dendrometrico dei cedui di castagno ed i diversi fattori pedologici, topografici e geomorfologici (Eq. 2) tutti significativi (Sig. ≤ 0,05). La costante dell' equazione nel complesso è molto significativa (Sig. < 0,000), inserendo i coefficienti non standardizzati delle variabili indipendenti significative (colonna B) riportati al modello 4 (Tabella 4), avremmo la seguente equazione:

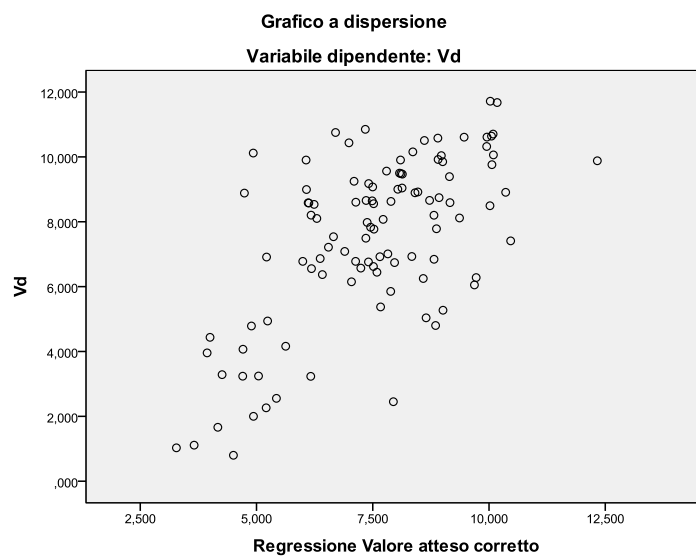
(Eq. 2)  $V_d = 8,624 + 0,017 \text{ (depth)} - 0,006 \text{ (Height)} + 0,038 \text{ (Slope)} - 0,003 \text{ (Asp)} - 0,621 \text{ (TPI)} - 154,672 \text{ (Plan\_Cur)}$

Tabella 4 - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (4) è stato utilizzato per l' Equazione 2.

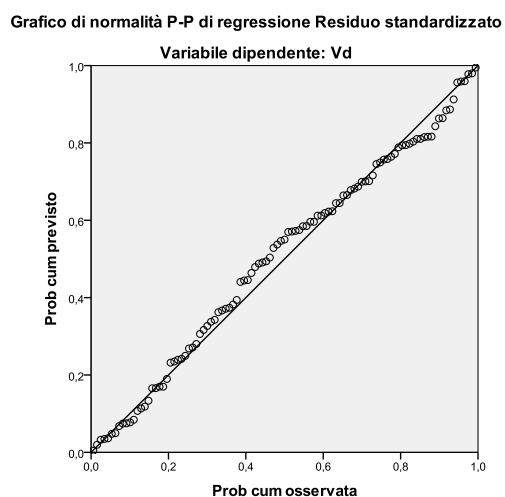
Coefficienti <sup>a</sup>									
Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.	Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1 (Costante)	6,963	3,290		2,116	,037	,431	13,495		
	depth	,017	,005	,295	3,222	,002	,006	,648	1,544
	Heigt	-,006	,003	-,270	-,206	,042	-,012	,316	3,160
	Slope	,041	,022	,244	1,907	,060	-,002	,085	3,009
	Asp	-,003	,002	-,157	-,1964	,052	-,006	,000	,847
	CA	-3,530E-007	,000	-,105	-,449	,654	,000	,000	10,025
	TWI	,207	,289	,189	,715	,476	-,367	,780	12,873
	TPI	-,453	,537	-,205	-,844	,401	-,1519	,613	10,887
	Plan_Cur	-161,910	62,110	-,252	-,2607	,011	-,285,214	-,38,606	,578
	Prof_Cur	3,844	46,170	,014	,083	,934	-,87,816	95,504	,183
2 (Costante)	7,038	3,147		2,236	,028	,791	13,285		
	depth	,017	,005	,293	3,288	,001	,007	,674	1,483
	Heigt	-,006	,003	-,273	-,2183	,031	-,012	-,001	,342
	Slope	,041	,021	,242	1,933	,056	-,001	,083	,343
	Asp	-,003	,001	-,158	-,2035	,045	-,006	,000	,884
	CA	-3,677E-007	,000	-,109	-,483	,630	,000	,000	105
	TWI	,208	,287	,190	,725	,470	-,362	,777	,078
	TPI	-,423	,391	-,191	-,1082	,282	-,1199	,353	,172
	Plan_Cur	-161,436	61,527	-,252	-,2624	,010	-,283,566	-,39,305	,583
	Prof_Cur								
3 (Costante)	7,841	2,662		2,946	,004	2,558	13,124		
	depth	,018	,005	,311	3,825	,000	,009	,027	,807
	Heigt	-,006	,003	-,274	-,2198	,030	-,012	-,001	,342
	Slope	,044	,021	,256	2,109	,038	,003	,084	,362
	Asp	-,003	,001	-,156	-,2016	,047	-,006	,000	,887
	TWI	,090	,151	,083	,597	,552	-,210	,390	,278
	TPI	-,498	,358	-,225	-,1392	,167	-,1207	,212	,203
	Plan_Cur	-153,206	58,886	-,239	-,2602	,011	-,270,078	-,36,335	,631
	Prof_Cur								
4 (Costante)	8,624	2,309		3,736	,000	4,043	13,206		
	depth	,017	,005	,302	3,791	,000	,026	,831	1,203
	Heigt	-,006	,003	-,253	-,2122	,036	-,011	,000	,371
	Slope	,038	,018	,223	2,065	,042	,001	,075	,452
	Asp	-,003	,001	-,162	-,2125	,036	-,006	,000	,904
	TPI	-,621	,291	-,281	-,2137	,035	-,1198	-,044	,306
	Plan_Cur	-154,672	58,641	-,241	-,2638	,010	-,271,044	-,38,301	,632
	Prof_Cur								

a. Variabile dipendente: Vd

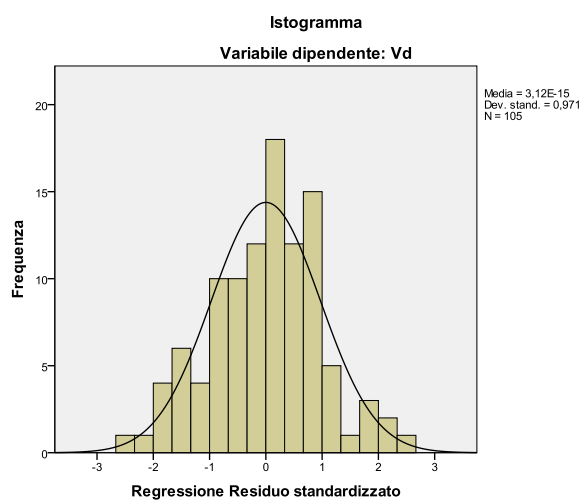
**Grafico 1** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti dei volumi del castagno



**Grafico 2** - Grafico di probabilità normale dei volumi del castagno



**Grafico 3** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo ai volumi del castagno





Dalla divisione in ambienti geomorfologici dei dati relativi alle osservazioni puntuali del campionamento pedologico effettuato sui cedui castanili, (vedi Cap. 5 par. 2.1.1), mediamente i valori più elevati dei volumi sono stati rilevati all'interno dei siti superiori di drenaggio montano (*Upland drainages*) pari a 9,25 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 2,17 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) e sui medi versanti (*Open slopes*): 8,57 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 1,39 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>). Invece, i valori inferiori sono stati osservati mediamente sui crinali inferiori o secondari: *Midslope Ridges* 2,43 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 1,87 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) e sui crinali superiori: *High ridges* 3,89 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 0,74 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella le statistiche descrittive relative ai volumi dendrometrici, ripartite per forma di paesaggio.

**Tabella 5** - Statistiche descrittive dei volumi dendrometrici, rilevati nelle varie forme di paesaggio dei cedui di castagno

Landforms	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Vd (m <sup>3</sup> /400m <sup>2</sup> )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Streams	25	23,81%	8,28	2,88	1,70	0,34	20,51
Midslope Drainages	8	7,62%	8,42	3,02	1,74	0,61	20,65
Upland drainages	3	2,86%	9,25	4,71	2,17	1,25	23,46
U-shape Valleys	24	22,86%	8,21	3,99	2,00	0,41	24,34
Open Slopes	21	20,00%	8,57	1,94	1,39	0,30	16,27
Upper Slopes	3	2,86%	7,93	7,74	2,78	1,61	35,07
Local Ridges	5	4,76%	6,44	9,45	3,07	1,38	47,71
Midslope Ridges	8	7,62%	2,43	3,49	1,87	0,66	76,74
High ridges	8	7,62%	3,89	0,55	0,74	0,26	19,06
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>105</b>	<b>100%</b>	<b>7,48</b>	<b>6,68</b>	<b>2,58</b>	<b>0,25</b>	<b>34,54</b>

Invece, dividendo le osservazioni del campionamento per classi di esposizione (vedi Cap. - 5 par. 2.1.2). A differenza di quanto osservato per le altezze dendrometriche (vedi Cap. 5 - par. 3.1.2), i volumi dendrometrici dei cedui di castagno dell'area in questione, hanno risentito in modo apprezzabile dell'effetto dell'esposizione, in linea anche con quanto verificato con la regressione multipla, in cui l'Asp è risultata una covariata significativa (Tabella 4). I volumi massimi sono stati osservati in siti esposti a NORD, mediamente pari a 7,91 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 2,29 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) e quelli minimi in siti esposti a SUD-EST, mediamente pari a 5,82 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 2,79 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>).

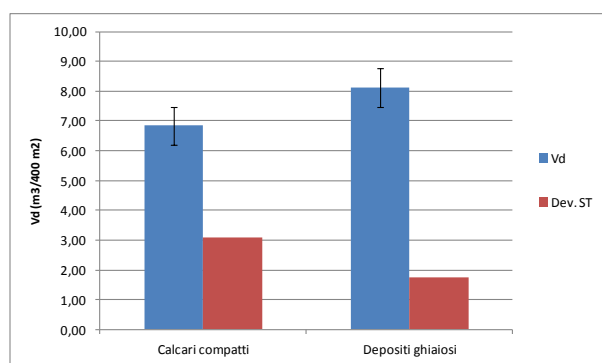
**Tabella 6** - Statistiche descrittive divisi per classi di esposizione, relative ai volumi dendrometrici rilevati su cedui di castagno

Classe	N° Osservazioni	Frequenza Oss.	Media Vd (m <sup>3</sup> /400 m <sup>2</sup> )	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	9	8,57%	7,54	5,56	2,36	0,79	31,25
NORD	48	45,71%	7,91	5,25	2,29	0,33	28,99
NORD-EST	25	23,81%	7,77	6,90	2,63	0,53	33,83
NORD-OVEST	9	8,57%	6,54	9,09	3,02	1,01	46,08
SUD	10	9,52%	6,18	10,55	3,25	1,03	52,55
SUD-EST	4	3,81%	5,82	7,81	2,79	1,40	47,97
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>105</b>	<b>100%</b>	<b>7,48</b>	<b>6,68</b>	<b>2,58</b>	<b>0,25</b>	<b>34,54</b>

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008), le osservazioni campionarie eseguite sui cedui di castagno dell'area di studio, rientravano in due tipologie geolitologiche, il Calcarei compatti duri ed i depositi ghiaiosi non cementati di scarpata.

Le differenze osservate tra le due tipologie litologiche non sono eccessive ma comunque apprezzabili, mediamente pari a 8,12 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 1,77 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) per i depositi ghiaiosi e a 6,85 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> (Dev. ST 3,08 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup>) per i calcari compatti.

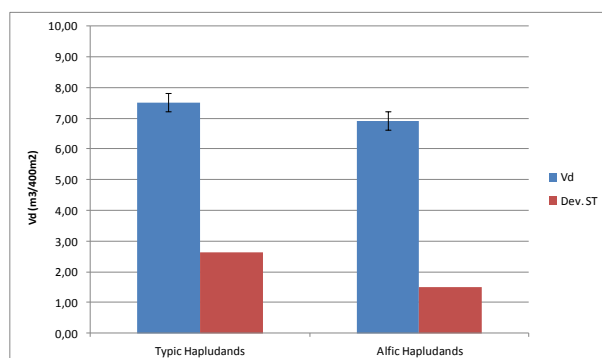
**Grafico 4** - Ripartizione dei volumi dendrometrici rilevati sulle due tipologie litologiche dei cedui di castagno, le barre blu indicano la media dei  $V_d$ , le barre della deviazione standard in rosso e linee nere indicano l'Errore Standard.



Il campionamento svolto sui castagneti in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), è stato svolto su due sottogruppi di suoli: i *Typic Hapludands* e gli *Alfic Hapludands* (Soil Taxonomy, 1998).

Per questa tipologia forestale sono state rilevate esigue differenze, tra i volumi dendrometrici osservati sui *Typic Hapludands* mediamente pari a 7,52 m³/400 m² (Dev. ST 2,65 m³/400 m²) e quelli rilevati sugli *Alfic Hapludands*, mediamente pari a 6,92 m³/400 m² (Dev. ST 1,50 m³/400 m²).

**Grafico 5** - Ripartizione dei volumi dendrometrici rilevati sui due sottogruppi di suoli su cui vegetano i cedui di castagno, le barre blu indicano la media dei  $V_d$ , le barre della deviazione standard in rosso e linee nere l'Errore Standard.



### Box 3: Regressioni lineari multiple relative all' Altezza dendrometrica degli orno-ostrieti e Discussioni sulle variazioni in funzione delle forme di paesaggio, classi di esposizione, tipologia litologica e pedologica

La regressione multipla relativa alle altezze dendrometriche degli orno-ostrieti, include tra le variabili significative: CA, depth, slope, Height, TPI e Plan\_Cur, è stata ottenuta allo step 4 della *backward deletion* (Tabella 1), eliminando 3 covariate: TWI, Asp, Prof\_Cur. La regressione complessivamente ha riportato un  $r^2$  corretto accettabile, pari a 0,352 e la Deviazione standard, risulta pari a 2,316. Tale regressione risulta significativa, la varianza e l' F di Fisher spiegati dalla regressione, sono superiori rispetto a quelli del residuo (modello 4 - Tabella 2), anche se l'  $r^2$  corretto del modello non risulta molto elevato.

**Tabella 1** - Adattamento del modello

Riepilogo del modello <sup>e</sup>				
Modello	R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Deviazione standard Errore della stima
1	,619 <sup>a</sup>	,383	,341	2,336536300
2	,619 <sup>b</sup>	,383	,346	2,327735785
3	,617 <sup>c</sup>	,381	,349	2,322406225
4	,616 <sup>d</sup>	,380	,352	2,316454994

a. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, CA, Asp, Slope, depth, TPI, Height, TWI, Plan\_Cur

b. Predittori: (Costante), CA, Asp, Slope, depth, TPI, Height, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Height, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Height, Plan\_Cur

e. Variabile dipendente: Hd

**Tabella 2** - Analisi della Varianza delle regressioni multiple con variabile dipendente H<sub>d</sub> degli orno-ostrieti cedui

Anova <sup>a</sup>						
Modello		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
1	Regressione	447,513	9	49,724	9,108	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	720,641	132	5,459		
	Totale	1168,154	141			
2	Regressione	447,513	8	55,939	10,324	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	720,641	133	5,418		
	Totale	1168,154	141			
3	Regressione	445,416	7	63,631	11,798	,000 <sup>d</sup>
	Residuo	722,738	134	5,394		
	Totale	1168,154	141			
4	Regressione	443,749	6	73,958	13,783	,000 <sup>e</sup>
	Residuo	724,405	135	5,366		
	Totale	1168,154	141			

a. Variabile dipendente: Hd

b. Predittori: (Costante), Prof\_Cur, CA, Asp, Slope, depth, TPI, Height, TWI, Plan\_Cur

c. Predittori: (Costante), CA, Asp, Slope, depth, TPI, Height, TWI, Plan\_Cur

d. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Height, TWI, Plan\_Cur

e. Predittori: (Costante), CA, Slope, depth, TPI, Height, Plan\_Cur

Tra le variabili significative il TPI è risultato come la covariata più correlata con l' H<sub>d</sub>, con l' r di *Pearson* pari a -0,488 ed in secondo luogo la Curvatura in piano con un r pari a -0,467. Le variabili più significative della regressione nel suo complesso, ovvero quelle che hanno riportato una Sig. < 0,01 sono risultate in ordine: Height (Sig. < 0,000), TPI (Sig. = 0,005) e CA (Sig. = 0,006). Per avere una visione d'insieme più dettagliata si rimanda alla Tabella 3 (vedi colonna Sig. - modello 4).

**Tabella 3** - Riepilogo delle correlazioni tra le Variabili

Correlazioni										
	Hd	depth	Heigt	Slope	Asp	CA	TWI	TPI	Plan_Cur	Prof_Cur
Correlazione di Pearson	Hd	1,000	,180	-,221	,026	-,223	,197	,418	-,488	-,467
	depth	,180	1,000	,006	,027	-,135	-,170	,128	,053	-,062
	Heigt	-,221	,006	1,000	,604	,587	-,225	-,439	,033	,183
	Slope	,026	,027	,604	1,000	,061	-,134	-,224	-,090	,095
	Asp	-,223	-,135	,587	,061	1,000	-,102	-,331	,044	,034
	CA	,197	-,170	-,225	-,134	-,102	1,000	,714	-,620	-,701
	TWI	,418	,128	-,439	-,224	-,331	,714	1,000	-,706	-,779
	TPI	-,488	,053	,033	-,090	,044	-,620	-,706	1,000	,849
	Plan_Cur	-,467	,064	,183	,095	,034	-,701	-,779	,849	1,000
	Prof_Cur	-,166	-,062	-,094	,063	-,062	-,043	-,190	,291	,315
Sig. (1 coda)	Hd	.	,016	,004	,378	,004	,009	,000	,000	,000
	depth	,016	.	,474	,377	,055	,022	,065	,265	,225
	Heigt	,004	,474	.	,000	,000	,004	,000	,350	,015
	Slope	,378	,377	,000	.	,236	,056	,004	,144	,131
	Asp	,004	,055	,000	,236	.	,115	,000	,300	,344
	CA	,009	,022	,004	,056	,115	.	,000	,000	,000
	TWI	,000	,065	,000	,004	,000	,000	.	,000	,012
	TPI	,000	,265	,350	,144	,300	,000	,000	.	,000
	Plan_Cur	,000	,225	,015	,131	,344	,000	,000	,000	.
	Prof_Cur	,024	,233	,132	,228	,231	,306	,012	,000	.
N	Hd	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	depth	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Heigt	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Slope	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Asp	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	CA	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	TWI	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	TPI	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Plan_Cur	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Prof_Cur	142	142	142	142	142	142	142	142	142

Quindi, è stata ottenuta l' equazione della regressione multipla tra l' altezza dendrometrica degli orno-ostrieti cedui ed i diversi fattori pedologici, topografici e geomorfologici (Eq. 3) tutti significativi (Sig.  $\leq 0,05$ ). La costante dell' equazione nel complesso è molto significativa (Sig.  $< 0,000$ ), inserendo i coefficienti non standardizzati delle variabili indipendenti significative (colonna B) riportati al modello 4 (Tabella 4), avremmo la seguente equazione:

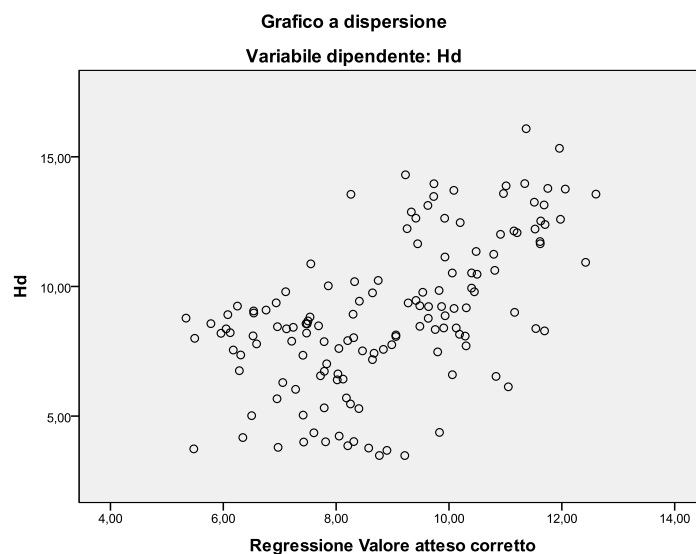
$$(Eq. 3) H_d = 8,928 + 0,018 (depth) - 0,006 (Height) + 0,037 (Slope) - 1,887 \times 10^{-5} (CA) - 0,967 (TPI) - 78,189 (Plan\_Cur)$$

**Tabella 4** - Statistiche dei coefficienti e di Significatività dei vari modelli della *backward deletion*, l' ultimo modello (4) è stato utilizzato per l' Equazione 3.

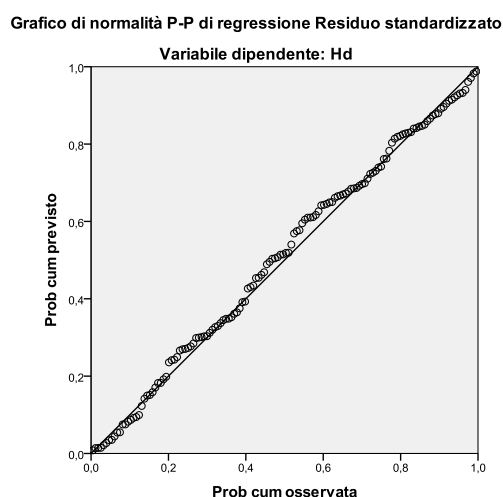
Coefficienti <sup>a</sup>									
	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati			Intervallo di confidenza 95,0% per B		Statistiche di collinearità	
	B	Deviazione standard Errore	Beta			Limite inferiore	Limite superiore	Tolleranza	VIF
1	(Costante)	11,077	3,283		3,374	,001	4,583	17,571	
	depth	,019	,008	,185	2,391	,018	,003	,035	,783
	Heigt	-,006	,002	-,297	-2,288	,024	-,011	-,001	,277
	Slope	,031	,022	,144	1,431	,155	-,012	,074	,459
	Asp	-,001	,002	-,062	-,616	,539	-,005	,003	,459
	CA	-1,688E-005	,000	-,243	-2,142	,034	,000	,000	,363
	TWI	-,228	,339	-,105	-,672	,503	-,898	,443	,190
	TPI	-,1010	,358	-,407	-,822	,006	-,1718	-,302	,225
	Plan_Cur	-90,793	43,193	-,343	-2,102	,037	-176,233	-5,354	,176
	Prof_Cur	-,083	45,056	,000	-,002	,999	-89,209	89,042	,779
2	(Costante)	11,077	3,269		3,388	,001	4,610	17,543	
	depth	,019	,008	,185	2,400	,018	,003	,035	,783
	Heigt	-,006	,002	-,297	-2,361	,020	-,010	-,001	,293
	Slope	,031	,021	,144	1,472	,143	-,011	,073	,483
	Asp	-,001	,002	-,062	-,622	,535	-,005	,003	,465
	CA	-1,689E-005	,000	-,243	-2,219	,028	,000	,000	,387
	TWI	-,228	,337	-,105	-,675	,501	-,895	,440	,190
	TPI	-,1010	,356	-,407	-2,837	,005	-,1714	-,306	,226
	Plan_Cur	-90,811	41,963	-,343	-2,164	,032	-173,812	-7,811	,185
	Prof_Cur								
3	(Costante)	10,570	3,159		3,346	,001	4,322	16,818	
	depth	,020	,008	,188	2,461	,015	,004	,035	,787
	Heigt	-,007	,002	-,345	-3,488	,001	-,010	-,003	,471
	Slope	,037	,019	,171	1,951	,053	-,001	,074	,599
	CA	-1,704E-005	,000	-,245	-2,246	,026	,000	,000	,387
	TWI	-,183	,329	-,085	-,556	,579	-,833	,467	,199
	TPI	-1,023	,355	-,412	-2,884	,005	-,1724	-,321	,226
	Plan_Cur	-84,749	40,722	-,320	-2,081	,039	-165,291	-4,207	,195
	Prof_Cur								
4	(Costante)	8,928	1,116		7,998	,000	6,720	11,135	
	depth	,018	,007	,170	2,466	,015	,004	,032	,963
	Heigt	-,006	,002	-,319	-3,676	,000	-,009	-,003	,609
	Slope	,037	,019	,171	1,953	,048	,000	,074	,599
	CA	-1,887E-005	,000	-,272	-2,768	,006	,000	,000	,477
	TPI	-,967	,339	-,389	-2,850	,005	-,1,638	-,296	,246
	Plan_Cur	-78,189	38,875	-,295	-2,011	,046	-155,071	-1,306	,213
	Prof_Cur								

a. Variabile dipendente: Hd

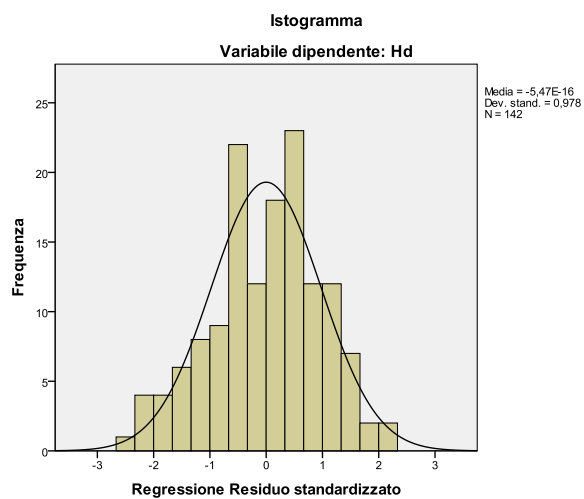
**Grafico 1** - Dispersione tra valori della variabile dipendente e valori stimati corretti delle altezze degli orno-ostrieti



**Grafico 2** - Grafico di probabilità normale delle altezze degli orno-ostrieti



**Grafico 3** - Istogramma della regressione del residuo standardizzato, relativo alle altezze degli orno-ostrieti



Dall'elaborazione dei dati relativi alle osservazioni puntuali del campionamento pedologico effettuato sugli orno-ostrieti cedui, divisi per ambiente geomorfologico, secondo la classificazione delle *landforms* (vedi Cap. 3 par. 3.6), mediamente i valori più elevati delle altezze sono state rilevate all'interno dei siti superiori di drenaggio montano (*Upland drainages*) pari a 11,50 m (Dev. ST 0,32 m) e all'interno di vallecole ed impluvi poco profondi (*Midslope Drainages*) pari a 11,32 m (Dev. ST 3,28 m). Invece, i valori inferiori sono stati osservati mediamente sui crinali inferiori o secondari (*Midslope Ridges*) con un'altezza media pari a 5,66 m (Dev. ST 0,64 m) e su convessità e crinali isolati (*Local Ridges*), mediamente pari a 6,67 m (Dev. ST 2,29 m). Si riportano sinteticamente nella seguente tabella, le statistiche descrittive relative alle altezze dendrometriche degli orno-ostrieti, ripartite per forma di paesaggio.

**Tabella 5** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche rilevate nelle varie forme di paesaggio degli orno-ostrieti cedui

Landforms	N° Osservazioni	Tasso Osservazioni	Media Hd (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Midslope Drainages	21	14,79%	11,32	10,73	3,28	0,71	28,94
Upland drainages	3	2,11%	11,50	0,10	0,32	0,19	2,81
U-shape Valleys	12	8,45%	9,65	11,66	3,41	0,48	35,38
Plains	7	4,93%	10,27	12,25	3,50	1,32	34,06
Open Slopes	52	36,62%	7,55	6,18	2,49	0,34	32,92
Upper Slopes	26	18,31%	9,76	3,29	1,81	0,36	18,57
Local Ridges	4	2,82%	6,77	5,22	2,29	1,14	33,76
Midslope Ridges	3	2,11%	5,66	0,41	0,64	0,37	11,28
High ridges	14	9,86%	8,35	0,55	0,74	0,20	8,84
<b>TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>8,93</b>	<b>8,28</b>	<b>2,88</b>	<b>0,31</b>	<b>32,24</b>

Invece, stratificando le osservazioni del campionamento pedologico eseguito sugli orno-ostrieti in classi di esposizione (vedi Cap. 5 - par. 2.1.2), è emerso che tale tipologia forestale, risente in modo apprezzabile dell'effetto del fattore esposizione. I valori più elevati sono stati riscontrati in siti con esposizione EST mediamente pari a 11,09 m (Dev. ST 2,65 m) e con esposizione OVEST, mediamente pari a 10,56 m (Dev. ST 2,99 m). Mentre, le altezze più basse sono state osservate in siti esposti a NORD-OVEST, mediamente pari a 7,92 m (Dev. ST 2,97 m) e in siti che presentano esposizione NORD mediamente pari a 8,93 m (Dev. ST 2,09 m).

**Tabella 6** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche rilevate sugli orno-ostrieti cedui, divise per classi di esposizione

Classi	N° Osservazioni	Tasso Osservazioni	Media Hd (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
EST	9	6,34%	11,09	7,01	2,65	0,88	23,87
NORD	51	35,92%	8,93	4,33	2,08	0,29	23,29
NORD-EST	10	7,04%	9,89	18,81	4,34	1,37	43,84
NORD-OVEST	54	38,03%	7,92	8,83	2,97	0,40	37,55
OVEST	8	5,63%	10,56	8,92	2,99	1,06	28,30
SUD	4	2,82%	9,84	4,73	2,17	1,09	22,10
SUD-OVEST	6	4,23%	10,36	7,58	2,75	1,12	26,56
<b>TOTALE CAMPIONE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>8,93</b>	<b>8,28</b>	<b>2,88</b>	<b>0,31</b>	<b>32,24</b>

In base alla Carta Geologica della Campania 1:50.000 (APAT, 2008), le osservazioni campionarie eseguite sugli orno-ostrieti dell'area di studio, rientravano in tre tipologie geolitologiche, i Calcari compatti duri, i depositi di conoide e le brecce (clasti angolosi e schegge).

Le differenze in altezza osservate tra le tre tipologie litologiche non sono eccessive, comunque apprezzabili, mediamente comprese tra 9,13 m (Dev. ST 2,95 m) per i calcari compatti e 7,62 m (Dev. ST 1,50 m) per i depositi di conoide.

**Tabella 7** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche rilevate sugli orno-ostrieti cedui, divise per classe di litologica

Litologia	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Hd (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Calcari compatti	112	78,87%	9,13	8,70	2,95	0,28	32,31
Brecce	23	16,20%	8,35	7,51	2,74	0,57	32,81
Depositi di conoide	7	4,93%	7,62	2,26	1,50	0,57	19,73
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>8,93</b>	<b>8,28</b>	<b>2,88</b>	<b>0,31</b>	<b>32,24</b>

Il campionamento pedologico svolto sugli orno-ostrieti in esame, secondo la Carta Pedologica della Valle Telesina 1:50.000 (Terribile *et al.*, 2009), è stato svolto su quattro differenti tipologie di suoli: *Typic Hapludands*, *Typic Haplustands*, *Lithic Hapludands* - *Typic Hapludands* in associazione ed i *Typic Melanudands* - *Lithic Hapludands* in associazione (*Soil Taxonomy*, 1998).

A differenza di quanto osservato per le classi litologiche, sono state rilevate differenze molto evidenti tra le altezze massime rilevate sui *Typic Melanudands* - *Lithic Hapludands* in associazione, mediamente pari a 10,01 m (Dev. ST 2,26 m) e quelle minime rilevate sui *Typic Haplustands*, mediamente pari a 6,96 m (Dev. ST 1,74 m).

**Tabella 8** - Statistiche descrittive delle altezze dendrometriche rilevate sugli orno-ostrieti cedui divise per tipologia di suolo

Suoli	N° Osservazioni	Tasso Oss.	Media Hd (m)	Varianza	Dev. ST	Er. ST	CV
Lithic Hapludands e Typic Hapludands	60	42,25%	8,31	10,45	3,23	0,42	38,92
Typic Melanudands e Lithic Hapludands	59	41,55%	10,01	5,11	2,26	0,29	22,59
Typic Hapludands	19	13,38%	7,95	6,68	2,58	0,59	32,52
Typic Haplustands	4	2,82%	6,96	3,02	1,74	0,87	24,98
<b>CAMPIONE TOTALE</b>	<b>142</b>	<b>100%</b>	<b>8,93</b>	<b>8,28</b>	<b>2,88</b>	<b>0,31</b>	<b>32,24</b>